

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



TESIS

**DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA EN ECOSISTEMAS DE *Abies
vejarii* Martínez EN EL SUR DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

PRESENTA

RIGOBERTO GONZÁLEZ CUBAS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

JULIO, 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



TESIS

**DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA EN ECOSISTEMAS DE *Abies
vejarii* Martínez EN EL SUR DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

Presenta

Rigoberto González Cubas

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

Linares, Nuevo León, México.

Julio, 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA EN ECOSISTEMAS DE *Abies
vejarii* Martínez EN EL SUR DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

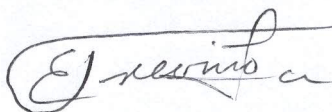
TESIS DE MAESTRÍA

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES**

Presenta

Rigoberto González Cubas

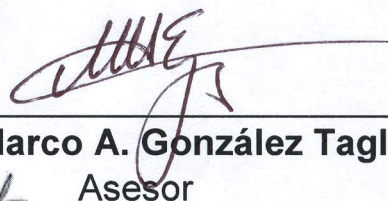
COMITÉ DE TESIS:



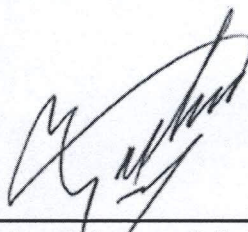
Dr. Eduardo J. Treviño Garza
Director de tesis



Dr. Oscar A. Aguirre Calderón
Asesor



Dr. Marco A. González Tagle
Asesor



Dr. Martín Gómez Cárdenas
Codirector externo

Julio, 2016

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A la Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Autónoma de Nuevo León.

Al ejido “La Encantada” municipio de General Zaragoza, Nuevo León, México.

A las personas integrantes de mi Comité de Tesis, Dr. Eduardo Javier Treviño Garza, Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón, Dr. Marco Aurelio González Tagle, Dr. Martín Gómez Cárdenas y al Dr. Martín Gómez Cárdenas.

Al MC. Enrique Buendía Rodríguez por sus observaciones, correcciones y sugerencias.

A las personas que me apoyaron en el trabajo de campo; Humberto, Valeria, Wilfrido.

Al Dr. Luis Rocha Domínguez por su apoyo en la identificación de las muestras botánicas.

A todos los compañeros de la Facultad por su amistad.

DEDICATORIA

A mi esposa Angelina Bautista Cruz.

A mis papas Juan González Vásquez y Martina Cubas Nuñez.

A mis hermanos Manuela González Cubas, Simón González Cubas, Rosalía González Cubas, Jaime González Cubas, Juana González Cubas y Esperanza González Cubas.

A mis sobrinos Alejandro, Guadalupe, Araceli, El Gordo.

A mis suegros Agustina Cruz Cruz y Celedonio Bautista Cisneros†

A mis cuñados Miguel, Alejandrina, Daniel, Alicia y Jorge Nicolás

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL	5
I.1. INTRODUCCIÓN	5
I.2. ANTECEDENTES	7
I.3. HIPÓTESIS	9
I.4. OBJETIVO	9
I.4.1. General	9
I.4.2. Específico	9
I.5. ÁREA DE ESTUDIO	10
I.5.1. Descripción del área de estudio	10
CAPÍTULO II. DIVERSIDAD EN ECOSISTEMAS DE <i>Abies vejarii</i>	13
MARTÍNEZ, EN GENERAL ZARAGOZA, NUEVO	
LEÓN, MÉXICO.	
II.1. RESUMEN	13
II.2. ABSTRACT	14
II.3. INTRODUCCIÓN	15
II.4. HIPÓTESIS	16
II.5. OBJETIVO	16
II.6. MATERIALES Y MÉTODOS	17
II.6.1. Diversidad de especies arbóreas	17
II.6.1.1. Composición florística	18
II.6.1.2. Índices estructurales en la riqueza de especies	20
II.6.2. Comparación de gradiente altitudinal	23
II.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
II.7.1. Diversidad de especies arbóreas	24

Continuación...	ÍNDICE
Contenido	Página
II.7.1.1. Composición florística	25
II.7.1.2. Índices estructurales en la riqueza de especies	32
II.7.2. Comparación de gradiente altitudinal	33
II.8. CONCLUSIONES	38
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA EN ECOSISTEMAS	39
DE <i>Abies vejarii</i> MARTÍNEZ, EN GENERAL	
ZARAGOZA, NUEVO LEÓN	
III.1. RESUMEN	39
III.2. ABSTRACT	40
III.3. INTRODUCCIÓN	41
III.4. HIPÓTESIS	42
III.5. OBJETIVOS	42
III.6. MATERIALES Y MÉTODOS	43
III.6.1. Análisis de la estructura vertical	43
III.6.2. Análisis de la estructura horizontal	44
III.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
III.7.1. Estructura vertical de los ecosistemas	45
III.7.2. Estructura horizontal de los ecosistemas	46
III.7.2.1. Categorías diamétricas.	47
III.7.2.2. Categorías de altura.	48
III.7.2.3. Dispersión de diámetro-altura.	50
III.8. CONCLUSIONES	52
LITERATURA CITADA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Localización del área de estudio	10
2 Mapa de uso de suelo y vegetación en el Municipio de Zaragoza N.L.	11
3 Comparación de medias en el Índice de Margalef	33
4 Comparación de medias en el Índice de Menhinick	34
5 Comparación de medias en Índice de Shannon.	35
6 Comparación de medias en el Índice de Simpson.	36
7 Comparación de medias en el Índice de Equitatividad.	37
8 Distribución de árboles por ha ⁻¹ de las categorías diamétricas que presentan los árboles por comunidad en el rango de 2400 msnm.	46
9 Distribución de árboles por ha ⁻¹ de las categorías diamétricas que presentan los árboles por comunidad en el rango de 2400 msnm.	46
10 Distribución de individuos por categorías diamétricas por comunidad: A) El Bosque y B) El Rosal en el rango de 2400 msnm.	47
11 Distribución de individuos por categorías diamétricas por comunidad: C) La Tinaja y D) Las Antenas, en el rango de 2600 msnm.	48
12 Distribución de individuos por categorías de alturas por comunidad: A) El Bosque y B) El Rosal, en los ecosistemas de altitud de 2400 msnm.	49
13 Distribución de individuos por categorías de alturas por comunidad: C) La Tinaja y D) Las Antenas, en los ecosistemas de altitud de 2600 msnm.	49
14 Distribución de individuos por diagrama de dispersión (altura - diámetro) por comunidad: A) El Bosque y B) El Rosal, en ecosistemas de altitud 2400 msnm.	50
15 Distribución de individuos por diagrama de dispersión (altura - diámetro) por comunidad: C) La Tinaja y D) Las Antenas, en ecosistemas de altitud 2400 msnm.	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción de los sitios en el ejido “La Encantada” municipio de Gral Zaragoza NL.	17
2	Especies arbóreas presentes en el ecosistema con altitud de 2400msnm.	24
3	Especies arbóreas presentes en el ecosistema con altitud de 2600msnm.	25
4	Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio “El Bosque” que se encuentra dentro del rango 2400 msnm.	26
5	Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio “El Rosal” que se encuentra dentro del rango 2400 msnm.	28
6	Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio “La Tinaja” que se encuentra dentro del rango 2600 msnm.	29
7	Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio “La Tinaja” que se encuentra dentro del rango 2600 msnm.	30
8	Especies de árboles presentes y el índice de valor de importancia (IVI en %) en cada una de las cuatro comunidades	31
9	Valores de número de especies, Índices de Margalef (D_{mg}), Menhinick (D_{Mn}), Shannon (H'), Simpson (D_{Si}) y Equitatividad (E).	32
10	ANOVA desglosado general para el variable Índice de Margalef en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.	34
11	ANOVA desglosado general para el variable Índice de Menhinick en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm	35
12	ANOVA desglosado general para el variable Índice de Shannon en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.	36
13	ANOVA desglosado general para el variable Índice de Simpson en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.	37
14	ANOVA desglosado general para el variable Índice de Equitatividad en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.	37
15	Resultado del Índice de Pretzsch para comunidad vegetal.	45

RESUMEN

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA EN ECOSISTEMAS DE *Abies vejarii* Martínez EN EL SUR DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.

El objetivo del trabajo fue comparar en dos rangos altitudinales de masas forestales con presencia de *Abies vejarii* Martínez en el ejido “La Encantada” municipio de General Zaragoza del estado Nuevo León, mediante análisis de la diversidad y estructura del arbolado. Se establecieron dos sitios cuadrados de 0.25 ha (50 x 50 m) en cada rango altitudinal de la masa forestal, en el primer rango fue en los ecosistemas denominados “El Bosque y El Rosal” a una altitud de 2,386 y 2,500 msnm y el segundo rango fue en los bosques de “La Tinaja y Las Antenas” a una altitud de 2,593 y 2,686 msnm. En cada sitio se tomó información dasométrica de las especies arbóreas presentes, efectuándose mediciones de diámetro normal ($d_{1.30}$), altura total (h), de todo el arbolado mayor a 7.5 cm de diámetro normal. La vegetación se caracterizó estimando índice de valor de importancia (IVI), se determinó la riqueza y diversidad de especies mediante los índices de Shannon (H'), Margalef (D_{mg}), Simpson (D_{si}), Menhinick (D_{Mn}) y de Equitatividad (E); la estructura se analizó mediante la distribución de diámetros para la distribución horizontal y el índice (A) de Pretzsch para la distribución vertical de especies; para determinar si existen diferencias significativas en la estructura del bosque se utilizó el resultado de los índices de diversidad y riqueza de especies en las comunidades mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA). Los resultados mostraron que la diversidad promedio en los sitios para los rangos altitudinales de 2400 y 2600 msnm de acuerdo al índice de H' fue de 1.36 y 1.47, para el índice de D_{mg} el rango varió de 1.39 a 1.38, para el índice de D_{Mn} el valor fue de 1.05 a 1.06, en cuanto al índice de E el valor fue de 0.79 a 0.85 y para índice de Simpson fue 0.68 a 0.73. Las especies que sobresalen con el mayor índice valor de importancia (IVI) por comunidad son *Abies vejarii* (29.42%), *Cupressus arizonica* (31.46%) y *Quercus affinis* con 24%. Con respecto a la estructura del

bosque en el rango 2400 m se registró un total de nueve especies diferentes con 420 a 616 árboles por ha⁻¹; mientras que para el rango 2600 m se encontró un total de cinco especies con 388 a 668 árboles por ha⁻¹. En categorías diamétricas con respecto a individuos por unidad de superficie los árboles se distribuyen en forma irregular, por lo tanto ambas masas son bosques irregulares. Las alturas para ambas masas forestales se distribuyen de 5 hasta 35 metros, con un mayor número de árboles en la categoría de 15, 20 y 25 metros y el Índice de Pretzsch para la comunidad vegetal fue 2.52 a 2.22 con un Amax de 3.50 a 2.89; el análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas ($p>0.05$) para los índices entre ambos ecosistemas. Se concluye que con base en los resultados obtenidos indican que a medida que aumenta la altitud hay menor diversidad del arbolado así como en la estructura y cobertura de copa.

PALABRAS CLAVE: *Abies vejarii*, Diversidad, Estructura y Gradiente altitudinal.

ABSTRACT
DIVERSITY AND STRUCTURE IN ECOSYSTEMS *Abies Vejarii* Martínez IN
SOUTHERN NUEVO LEON, MEXICO.

The aim of the study was to compare two altitudinal ranges of forests with *Abies Vejarii* Martínez presence in the ejido "La Encantada" municipality of General Zaragoza New Leon state, by analysis of diversity and woodland structure. two square sites of 0.25 ha (50 x 50 m) were established in each altitudinal range of forests, in the first rank was in ecosystems called "El Bosque and El Rosal" at an altitude of 2,386 and 2,500 meters and the second range was in the forests of "La Tinaja and Antennas" at an altitude of 2,593 and 2,686 meters. At each site dasometric information of tree species present it took measurements carried normal diameter ($d_{1.30}$), total height (h) of all trees greater than 7.5 cm diameter. The vegetation was characterized by estimating importance value index (IVI), the richness and diversity of species was determined by the indices of Shannon (H'), Margalef (D_{mg}), Simpson (D_{si}), Menhinick (D_{Mn}) and evenness (E); the structure was analyzed by distributing diameters for horizontal distribution and (A) Pretzsch index for the vertical distribution of species; to determine whether there are significant differences in forest structure the result of the diversity indices and species richness was used in communities by analysis of variance (ANOVA). The results showed that the average site diversity altitudinal ranges for 2400 and 2600 meters according to H' index was 1.36 and 1.47 for the index D_{mg} various range of 1.39 to 1.38 for the index of D_{Mn} the value was 1.05 to 1.06, as the index value E was .79 to .85 and Simpson index was 0.68 to 0.73. Protruding species with the highest importance value (IVI) per community are *Abies Vejarii* (29.42%), *Cupressus arizonica* (31.46%) and *Quercus affinis* 24%. With regard to the structure of the forest in the range 2400 m a total of nine different species with 420 recorded 616 trees per ha⁻¹; while the range 2600 m to a total of five species encountered 388-668 trees ha⁻¹. In diametric categories for individuals per unit area trees they are distributed irregularly, therefore both masses are irregular forests. The heights

for both forests are distributed from 5 to 35 meters, with a greater number of trees in the category of 15, 20 and 25 meters and the index Pretzsch for the plant community was 2.52 to 2.22 with Amax of 3.50 to 2.89 ; analysis of variance showed no significant differences ($p>0.05$) between the two ecosystems rates. It is concluded that based on the results obtained indicate that as altitude increases there is less diversity of woodland as well as the structure and canopy cover.

Key words: Biodiversity, structural indexes, *Abies*, *Quercus*, *Cupressus*

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL

I.1. INTRODUCCIÓN

En el mundo se reportan unas 60 especies y 15 variedades de *Abies*, todas en el hemisferio norte; se pueden encontrar formando masa puras o asociadas con coníferas (Domínguez-Alvares, 1991). En México estos bosques cubren aproximadamente 32,000 hectáreas, siendo *Abies religiosa*, *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* las especies más representativas (Rzedowski, 1978).

En el estado de Nuevo León se tienen registros de *Abies vejarii* en las localidades de Sierra de Sta Catarina, Sierra Peña, Nevada, Dr Arroyo, Ojo de Agua, Cerro el Potosí, Galeana y Gral Zaragoza (Domínguez-Alvares, 1991; García-Aranda *et al.*, 2011). Para el estado *Abies vejarii* tiene una asociación con comunidades vegetales integradas por *Pseudotsuga*, *Picea*, *Taxus*, entre otros (García-Aranda *et al.*, 2011; Valdez *et al.*, 2003).

Estas masas forestales están distribuidos principalmente en laderas protegidas del viento, con intensidad solar fuerte, muchas veces en cañadas o barrancas que ofrecen un microclima especial (Rzedowski, 1978). Los bosques de pino y de abeto están siempre verdes y miden en promedio de 15 a 20 metros, pero pueden llegar a los 30 metros de altura (INEGI, 2015).

La diversidad de las especies de árboles en los últimos años se ha convertido en uno de los principales objetivos en la conservación de las masas forestales con presencias de especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo (en peligro, amenazadas o sujeta a protección especial) como lo marca la Nom-059-Semarnat-2010, los cuales son: *Calocedrus decurrens*, *Callitropsis*, *Juniperus*, ***Abies***, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, *Podocarpus matudae* y *Taxus globosa*.

Los bosques de *Abies* tienen gran importancia ecológica ya que son considerados relictuales y son uno de los ecosistemas de mayor importancia para la conservación (Fonseca-González *et al.*, 2013). Además, en ellos se registran altas precipitaciones (600 a 1000 mm) y por las características de la cobertura de los estratos, la comunidad y las propiedades físicas del suelo, permiten la adsorción y retención del agua de las lluvias (Madrigal, 1982).

El conocimiento sobre la diversidad de especies y estructura del bosque constituye un elemento fundamental para el manejo sustentable de las masas forestales (Gadow, 2007; Jardel, 2011).

Además conocer la estructura del estrato arbóreo de los ecosistemas forestales nos ayuda a describir y analizar de las condiciones propias del ecosistema para su conservación y manejo.

I.2. ANTECEDENTES

Abies vejarii Martínez es una especie que crece entre 20 y 25 metros de altura, las ramas inician a corta altura, horizontalmente. La corteza es delgada de 10 a 15 milímetros de espesor, lisa, de color grisáceo, con manchas blanquecinas horizontales. Las acículas de esta especie son aglomeradas, dispuestas en espiral, gruesas y dirigidas en todos los sentidos, rectas o levemente flácidas. Miden de 1.5 a dos centímetros de largo, su color es verde claro y glauco por la parte ventral (CONAFOR, 2008).

Los conos son erguidos, solitarios, cortamente sésiles, oblongos o subovoides, de color violáceo muy oscuro al principio y amarillento después; muy resinosos, miden de seis a 8.5 centímetros. La semilla es angosta de un centímetro de largo, con vejigas resinosas, ala delgada de dos centímetros de largo, incluyendo la semilla con bordes enteros (CONAFOR, 2008). Su madera es ligera de hilo uniforme, poco resistente, de color blanco, con tinte levemente amarillento o rosado. Su nombre vulgar es "hallarín" (Martínez, 1953).

Se distribuye principalmente desde el suroeste de Coahuila hasta el noroeste de Tamaulipas, en dos zonas disyuntas en parte de la Sierra Madre Oriental en el noreste de México (Farjon, 1990). Para el estado de Nuevo León se reportan colectas en la Sierra de Santa Catarina, N. L., cerca de Ojo de agua al pie del Cerro del Potosí, Galeana N. L. y en la Sierra de Peña Nevada, Dr. Arroyo, N. L. (Martínez, 1953). Capo (1972) reporta colectas en el Cerro del Potosí, Galeana, N. L.

La estructura de la masa forestal se puede definir como la forma en que los diferentes elementos del sistema se organizan en el espacio vertical y horizontal; y es el resultado de muchos procesos representando un estado momentáneo de la dinámica de la masa (Del Río *et al.*, 2003; Aguirre *et al.*, 2003; Aguirre, 2002).

La complejidad estructural es resultado de la posición, mezcla de especies, distribución de edades y competencia, lo cual determina directa e indirectamente la presencia y abundancia de diferentes especies de plantas y animales (Spies, 1998; Brokaw y Lent, 1999).

La estructura de un bosque se puede describir mediante tres características: diversidad y mezcla de especies; posición o patrones de distribución espacial de las especies; y diferenciación de tamaños entre árboles (Gadow y Hui, 1999).

Las técnicas estadísticas espaciales para el análisis de la estructura de un rodal, se ubican metodologías como análisis de patrón de puntos (Penttinen *et al.*, 1992) y geoestadística (Goovaerts, 1997). Por lo tanto, los métodos no espaciales describen características medias del rodal, estos índices no espaciales cuantifican la estructura vertical, estructura horizontal o diversidad de especies. Ejemplos son los índices de Shannon y Simpson (Magurran, 2004), el 'Perfil Vertical de Especies' de Pretzsch (1997) o el índice de diversidad dentro del rodal 'LLNS' de Lähde *et al.* (1999).

I.3. HIPÓTESIS

La diversidad de especies de árboles y la estructura de los ecosistemas de *Abies vejarii* Martínez son diferente en dos rangos altitudinales, en el sureste del estado de Nuevo León.

I.4. OBJETIVOS

I.4.1. General

Analizar la diversidad de especies de árboles y de la estructura en ecosistemas de *Abies vejarii* en dos rangos altitudinales en el ejido “La encantada” municipio de General Zaragoza, Nuevo León.

I.4.2. Específicos

1. Evaluar la diversidad de especies de árboles en los ecosistemas con presencia de *Abies vejarii*.
2. Determinar la estructura dimensional, vertical y riqueza de especies.

I.5. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en áreas de distribución natural de *Abies vejarii* en el ejido “La encantada” del municipio General Zaragoza estado de Nuevo León, México, geográficamente se localiza entre las coordenadas 23° 43' y 24° 02' de latitud Norte y 99° 27' y 100° 01' de longitud Oeste (Figura 1).

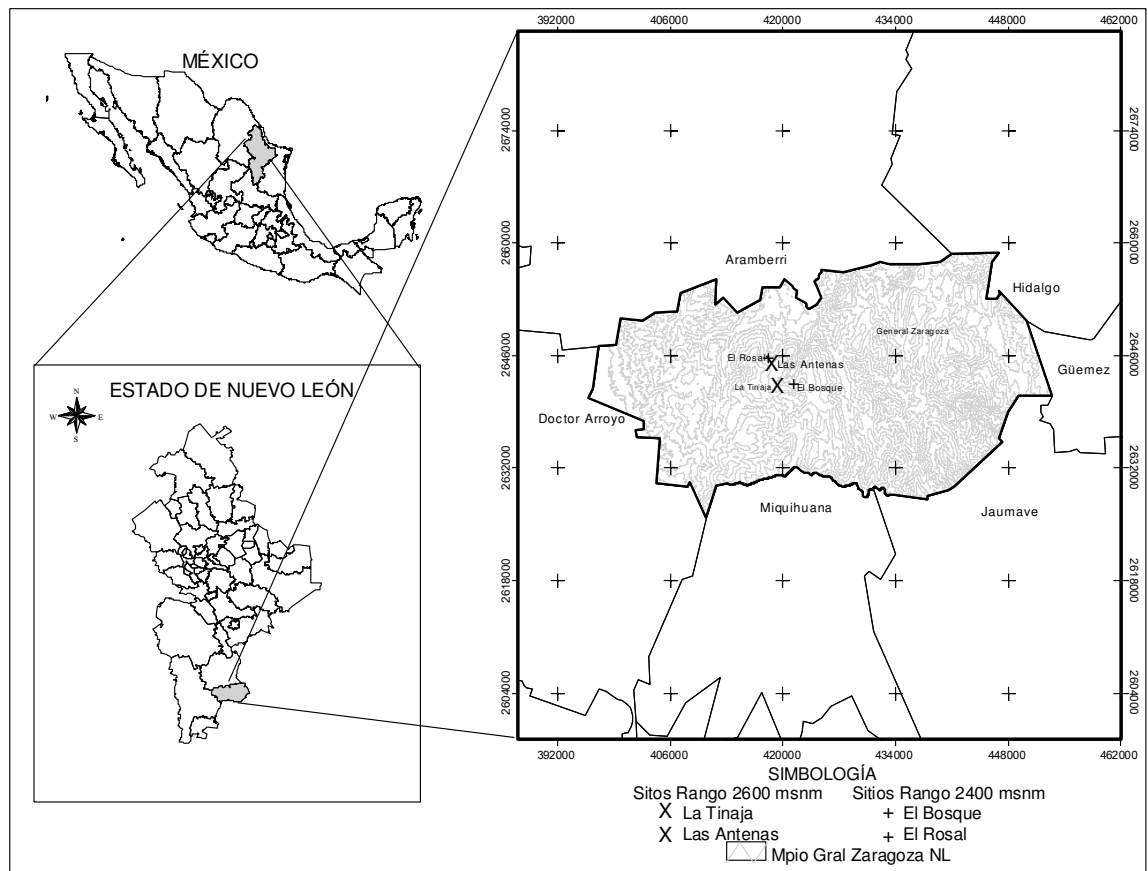


Figura 1. Localización del área de estudio.

I.5.1. Descripción del área de estudio

El municipio de General Zaragoza se localiza en la Sierra Madre Oriental, con altitudes que van desde 1,100 hasta 3,600 msnm. Forma parte de cuatro subcuencas, siendo las principales; R. Blanco y R. Guayalejo, ubicadas en las

cuencas de los ríos Soto La Marina y Tamesí. Corresponde a las regiones hidrológicas de San Fernando Soto La Marina, Pánuco y el Salado.

De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:1'000,000 Serie II (Continuo Nacional) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la vegetación de la región se compone por bosque natural. Los tipos de vegetación predominantes son especialmente el bosque conformados por asociaciones de pino, encino, encino-pino, seguido por una pequeña población de matorral submontano y de chaparral (Fig. 2).

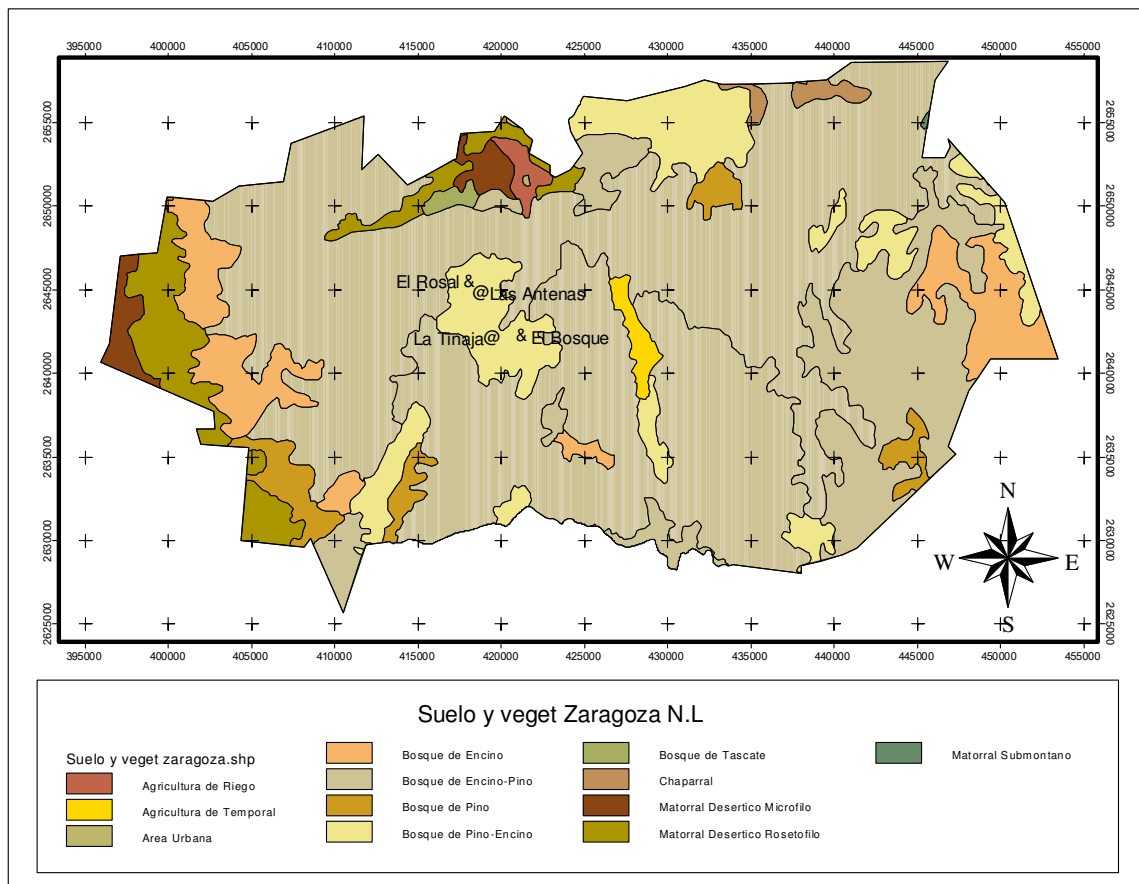


Figura 2. Mapa de uso de suelo y vegetación en el Municipio de Zaragoza N.L.

Los bosques de coníferas están representados por las siguientes especies arbóreas: *Pinus ayacahuite*, *P. pseudostrobus*, *Pseudotsuga menziesii*, *Abies vejari*, *Picea martinezii*. Estos bosques se localizan en cañones protegidos con

climas fríos y húmedos, generalmente entre 2,000 a 2,500 msnm en los municipios de Galeana, Iturbide, Aramberri y Zaragoza. Los árboles alcanzan entre 10 y 15 m de altura, las especies características son cedros blancos (*Cupressus arizonica*).

La topografía del terreno es irregular, presentando desde áreas planas con pendientes de 4 % hasta zonas abruptas que alcanzan hasta 100 %. El clima de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1981), en la parte alta del municipio es del tipo C(w2), el cual corresponde a un Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad. También se presenta el tipo de clima C(E)(w)(w), el cual corresponde a un clima Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, la temperatura del mes más cálido es menor de 20 °C, la temperatura media anual entre 8 y 20 °C.

CAPÍTULO II

DIVERSIDAD EN ECOSISTEMAS DE *Abies vejarii* MARTÍNEZ, EN GENERAL ZARAGOZA, NUEVO LEÓN, MÉXICO.

II.1. RESUMEN

Con la finalidad de tener un elemento fundamental para el manejo sustentable de las masas forestales. Se realizó un análisis de la diversidad de especies arbóreas en bosques de *Abies vejarii* Martínez, que se distribuyeron en dos rangos de altitud de 2400 y 2600 m en General Zaragoza, Nuevo León, México. La información se registró en cuatro sitios sólo para diámetros mayores de 7.5 cm. La diversidad se estimó a través de los índices de Shannon (H'), Margalef (D_{mg}), Simpson (D_{si}), Menhinick (D_{Mn}) y de Equitatividad (E). El análisis se realizó comparando los rangos de altitud mediante un análisis de varianza de un factor. Los resultados mostraron que las especies de mayor importancia por comunidad son *Abies vejarii* (29.42%), *Cupressus arizonica* (31.46%) y *Quercus affinis* con 24%: La mayor diversidad se presentó en la altitud de 2400 m, sin embargo, a través del ANOVA, no se confirmaron diferencias significativas entre los índices con una alfa del 0.05.

PALABRAS CLAVE: *Abies vejarii*, Diversidad y Gradiente altitudinal.

II.2. ABSTRACT

In order to have a key to the sustainable management of forests element. an analysis of the diversity of tree species in forests of *Abies Vejarii* Martinez, who were distributed in two ranges altitude of 2400 and 2600 m in General Zaragoza, Nuevo León, México was made. The information was recorded at four sites only for diameters greater than 7.5 cm. The diversity was estimated by Shannon index (H'), Margalef (D_{mg}), Simpson (D_{si}), Menhinick (D_{Mn}) and evenness (E). The analysis was performed comparing the altitude range by analysis of variance factor. The results showed that the most important species per community are *Abies Vejarii* (29.42%), *Cupressus arizonica* (31.46%) and *Quercus affinis* 24%: The greatest diversity was presented at the altitude of 2400 m, however, through the ANOVA, no significant differences between the indexes with an alpha of 0.05 was confirmed.

Key words: *Abies vejarii*, Biodiversity and Altitudinal Gradient

II.3. INTRODUCCIÓN

En los bosques de las partes altas del estado de Nuevo León se encuentran comunidades vegetales integradas por *Abies*, *Pseudotsuga*, *Picea*, entre otros, conocidos como bosque de coníferas. En México estos bosques cubren aproximadamente 32,000 hectáreas, siendo *Abies religiosa*, *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* las especies más representativas (Rzedowski, 1978). Se distribuyen a lo largo de la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico (INEGI, 2015).

Estas masas forestales están distribuidas principalmente en laderas protegidas del viento, con intensidad solar fuerte, muchas veces en cañadas o barrancas que ofrecen un microclima especial (Rzedowski, 1978; Valdez *et al.*, 2003). Estos bosques de coníferas están siempre verdes y miden en promedio de 15 a 20 metros, pero pueden llegar a los 30 metros de altura (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

La diversidad de las especies de árboles en los últimos años se ha convertido en uno de los principales objetivos en la conservación de las masas forestales con presencias de especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo como lo marca la Nom-059-Semarnat-2010, los cuales son: *Calocedrus decurrens*, *Callitropsis*, *Juniperus*, ***Abies***, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, *Podocarpus matudae* y *Taxus globosa* (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

II.4. HIPÓTESIS

El presente estudio trata de probar que, la diversidad de especies de árboles en los ecosistemas de *Abies vejarii* Martínez son diferente en dos rangos altitudinales, en el sur del estado de Nuevo León.

II.5. OBJETIVOS

II.5.1. General

Analizar la diversidad de especies de árboles en ecosistemas de *Abies vejarii* en dos rangos altitudinales en el ejido “La encantada” municipio de General Zaragoza, Nuevo León.

II.5.2. Específico

1. Evaluar la diversidad de especies arbóreas en las comunidades con presencia de *Abies vejarii*.

II.6. MATERIALES Y MÉTODOS

II.6.1. Diversidad de especies de árboles

En el bosque de distribución natural de *Abies vejarii* se censó el total del arbolado en dos rangos altitudinales, la primera fue en un área forestal de 2400 msnm y la segunda comunidad fue de 2600 msnm (Cuadro 1). El censo cubrió un área total de 10,000 m², resultado del levantamiento de 4 sitios de muestreo, cada uno con un área de 2,500 m², de forma cuadricular, usando la metodología de Corral-Rivas *et al* 2009.

Cuadro 1. Descripción de los sitios en el ejido “La Encantada” municipio de Gral Zaragoza NL.

Rango altitudinal	Paraje	Altitud (m)	Exposición	Pendiente
Rango 2400	El Bosque	2386	Norte	20%
	El Rosal	2500	Norte	12%
Rango 2600	La Tinaja	2593	Norte	6%
	Las Antenas	2686	Norte	12%

Se registró información para las especies arbóreas mayores de 7.5 cm de diámetro normal, las variables registrados fueron; especie, número de árboles, diámetro normal (d1.30), altura total (*ht*) y diámetro de copa (norte-sur y este-oeste).

II.6.1.1. Composición florística

Para la definición de la composición florística se identificaron las especies arbóreas y se analizó su abundancia, dominancia y frecuencia, variables que representan una estimación del área que ocupan, la frecuencia y distribución de las especies, respectivamente. Los resultados de las variables se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de taxón denominado Índice de Valor de Importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Müller y Elleberg, 1974; Treviño *et al.*, 2001; Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Abundancia. Se cuantificó el número de árboles promedio, por especie y total por hectárea, a partir de esta información se estimó la abundancia relativa (A_r) expresada como la suma de todas las ocurrencias de una especie en particular, es decir el número de individuos presentes en una determinada área, respecto a la sumatoria de todas las ocurrencias de todas las especies de la misma área (Lamprecht, 1986). Se expresa de la siguiente forma:

$$A_r = \frac{n}{N} * 100$$

Dónde:

A_r = Abundancia relativa

n = Número de individuos de especie i

N = Número total de individuos

Dominancia. A partir del diámetro del fuste de los árboles a 1.30 m de altura, se estimó el área basal para cada uno de los árboles por especie expresada en $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Se determinó la dominancia relativa (D_r) la cual se expresó como valor relativo de la sumatoria de las áreas basales de cada uno de los individuos presentes en área muestreada de la siguiente forma:

$$D_r = \frac{g}{G} * 100$$

Dónde:

D_r = Dominancia relativa

g = Área de la especie i

G = Áreas totales de los individuos

Frecuencia de las especies. Se determinó la frecuencia como una medida de la distribución de las especies en la comunidad vegetal, a través de cuantificar el número de sitios de muestreo en que aparece la especie de interés. La frecuencia relativa (F_r) se expresó de la siguiente forma:

$$F_r = \frac{f_i}{\sum N} * 100$$

Dónde:

F_r = Frecuencia relativa

f_i = Presencia de la especie i en los sitios de muestreo

N = Número de especies

Con la finalidad de determinar el orden de importancia ecológica de cada una de las especies arbóreas en el área de estudio, se integraron y ponderaron las variables, abundancia, dominancia y frecuencia, con las cuales se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Treviño *et al.*, 2001) de la siguiente manera:

$$IVI = \frac{Ar + Dr + Fr}{3} * 100$$

Dónde:

Ar = abundancia relativa de la especie i

Dr = dominancia relativa de la especie i

Fr = frecuencia relativa de la especie i

II.6.1.2. Índices estructurales en la riqueza de especies

Riqueza de especies. La riqueza específica es el número de especies presentes en la comunidad, por lo tanto en la actualidad existen varios métodos para medir la riqueza de especies, para este estudio se calcularon cinco índices:

1. Índice de Margalef (Margalef, 1958), este índice se basa en la relación entre S y el 'número total de individuos observados' o (n), que se incrementa con el tamaño de la muestra, que se define de la siguiente manera:

$$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

S = número de especies presentes

\ln = logaritmo natural

N = número total de individuos

2. Índice de Menhinick (Menhinick, 1964). De igual forma se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta dependiendo del tamaño de la muestra.

$$D_b = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

S = número de especies presentes

N = número total de individuos

3. Índice de Shannon para diversidad de especies (Shannon y Weaver, 1949). El resultado de este índice manifiesta la diversidad de un área o comunidad utilizando dos factores como, el número de especies de árboles presentes y su abundancia relativa con respecto al área de interés (Magurran, 2004). Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo porque existe una especie claramente dominante y las restantes $S-1$ especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes (Pla, 2006).

El índice de Shannon (Shannon y Weaver, 1949) se define como:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln(P_i)$$

Dónde:

P_i = la proporción de individuos encontrados en la i -ésima especie

s = número de especies arbóreas en el bosque.

\ln = logaritmo natural.

4. El índice de Simpson (Simpson, 1949), considerado como uno de los más apropiados cuando la dominancia de la comunidad corresponde a una o pocas especies (Magurran, 2004). También se utilizó para medir la diversidad de las especies el cual, tiene dos componentes principales la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie). Se define de la siguiente manera:

$$D_{si} = \sum_{i=1}^S P_i$$

Donde:

S = número de especies

P_i = proporción de las especies $p_i = n_i/N$, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1.

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos para todas las S especies en la comunidad.

5. Índice de Equitatividad: Se refiere al grado de igualdad de la distribución de la abundancia (número de individuos) de las especies; el valor máximo ocurre cuando todas las especies presentan la misma abundancia, la equitatividad obtendrá siempre valores entre 0 y 1 y debe ser siempre analizada con los resultados de diversidad. Se define de la siguiente manera:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

H' = diversidad (bits/individuo)

S = número de especies presentes

\ln = logaritmo natural

II.6.2. Comparación de gradiente altitudinal

Para determinar si existen diferencias significativas en la diversidad del bosque se utilizó el resultado de los índices de diversidad y riqueza de especies (Índices de Margalef, Menhinick, Shannon, Simpson y Equitatividad) en las comunidades ubicadas en el rango 2400 m de altitud (El Bosque y El Rosal) con las comunidades de altitud 2600 msnm (La Tinaja y Las Antenas).

En este análisis primero se procedió a verificar si los datos de la variable son normales mediante la prueba de Shapiro-Wilk, esto para corroborar que el valores de p para ambas variables sean mayores a 0.05 lo que nos indica que los datos si presentan una distribución normal; en seguida se determinó si los datos presentan homocedasticidad aplicando una prueba de varianza y finalmente se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA). En caso de encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$) se procedió con la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (Zar, 2010; Montgomery, 2011). Los análisis fueron realizados con el paquete estadístico RStudio® Versión 0.99.491 – © 2009-2015 RStudio, Inc.

II.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

II.7.1. Diversidad de especies arbóreas

Se identificaron 4 comunidades vegetales en dos rangos de altitud, denominadas de acuerdo al paraje y la especie dominante; “El Bosque” dominado por *Abies vejarii* Martínez, “El Rosal” compuesto por *Cupressus arizonica* Greene, “La Tinaja” y el paraje “Las antenas” donde predomina *Quercus affinis* Scheidw.

En el área del rango de 2400 msnm que comprende los sitios de “El Bosque” y “El Rosal”, se registraron seis familias, nueve géneros y trece especies. La *Pinaceae*, es la familia de coníferas que presentó más especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies arbóreas presentes en el ecosistema con altitud de 2400msnm.

Familia	Género	Especie
<i>Pinaceae</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies vejarii</i> Martínez.
<i>Ericaceae</i>	<i>Arbutus</i>	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.
<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressus</i>	<i>Cupressus arizonica</i> Greene.
<i>Pinaceae</i>	<i>Picea</i>	<i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson.
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehren.
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.
<i>Pinaceae</i>	<i>Pseudotsuga</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus</i>	<i>Quercus affinis</i> Scheidw.
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus</i>	<i>Quercus mexicana</i> Bonpl.
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus</i>	<i>Quercus polymorpha</i> Schltdl. & Cham.
<i>Taxaceae</i>	<i>Taxus</i>	<i>Taxus globosa</i> Schltdl
<i>Ulmaceae</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Ulmus crassifolia</i> Nutt.

En el área del rango de 2600 msnm que conforma los sitios de “La Tinaja” y “Las Antenas”, se registraron cuatro familias, seis géneros y nueve especies. La familia *Pinaceae* es la que presentó más especies (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies arbóreas presentes en el ecosistema con altitud de 2600msnm.

Familia	Género	Especie
<i>Pinaceae</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies vejarii</i> Martínez.
<i>Ericaceae</i>	<i>Arbutus</i>	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.
<i>Pinaceae</i>	<i>Picea</i>	<i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson.
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehren.
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus teocotek</i> Schiede ex Schltdl.
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus</i>	<i>Quercus affinis</i> Scheidw.
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus</i>	<i>Quercus fulva</i> Liebm.
<i>Taxaceae</i>	<i>Taxus</i>	<i>Taxus globosa</i> Schltdl

El conjunto de árboles en los dos rangos altitudinales fue de 15 especies arbóreas, presentes de forma alterna. Las condiciones con la mayor y la menor presencia fueron las comunidades del altitud 2400 m que presentó 13 especies arbóreas y las comunidades de altitud 2600 m con 6 especies.

II.7.1.1. Composición florística (IVI)

Altitud 2400 msnm. La comunidad El Bosque presentó 13 especies arbóreas, para ser la condición con la mayor diversidad, pero solo tres especies tienen representación significativa (Cuadro 4). El IVI fue para *Abies vejarii* de 29.42%, cifra que la convierte en la especie más importante, el siguiente valor le correspondió a la especie de *Quercus affinis* con 18.52% y *Quercus mexicana* con 17.23 %.

Abies vejarii, tuvo una abundancia absoluta de 224 N ha⁻¹ (36.36%) *Quercus affinis* con 124 N ha⁻¹ (20.13%) y *Quercus mexicana* con 100 N ha⁻¹ (16.23%), estas tres especies corresponden al 72.72% de la abundancia total.

Se puede observar como *Abies vejarii* y *Quercus affinis* presentan una frecuencia de 14%, mientras que *Quercus mexicana* se encuentra en un 11% en el sitio, además se encontraron valores de área basal de 28 m² ha⁻¹, de los

cuales 37.08% representa *Abies vejari* Martínez, 20.64% para *Quercus affinis* y 24.36% para *Qercus mexicana*.

Las diferencias de valor a favor de alguna especie, se traduce en mayor dominio, mejor nivel de competitividad y de mayor contribución en la comunidad, resultado de haber tenido las cifras más elevadas en área basal, número de árboles y frecuencia.

Cuadro 4. Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio “El Bosque” que se encuentra dentro del rango 2400 msnm.

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		
	N/ha	Rel	m ² ha ⁻¹	Rel	Abs	Rel	IVI %
<i>Abies vejarii</i>	224	36.36	10.30	37.08	100	14.81	29.42
<i>Quercus affinis</i>	124	20.13	5.73	20.64	100	14.81	18.53
<i>Quercus mexicana</i>	100	16.23	6.77	24.36	75	11.11	17.23
<i>Quercus polymorfa</i>	36	5.84	2.97	10.68	75	11.11	9.21
<i>Picea martinezii</i>	52	8.44	0.81	2.92	100	14.81	8.73
<i>Taxus globosa</i>	56	9.09	0.63	2.26	100	14.81	8.72
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	8	1.30	0.19	0.70	25	3.70	1.90
<i>Zanthoxylum fagara</i>	4	0.65	0.15	0.55	25	3.70	1.64
<i>Pinus ayacahuite</i>	4	0.65	0.10	0.34	25	3.70	1.57
<i>Ulmus craassifolia</i>	4	0.65	0.08	0.29	25	3.70	1.55
<i>Arbutus xalapensis</i>	4	0.65	0.05	0.17	25	3.70	1.51
Total	616	100	28	100	675	100	100

La observación de que coníferas hayan resultado los árboles con más especies coincide con lo registrado para los bosques de *Abies* por otros autores (Rzedowski y McVaugh, 1966; Rzedowski, 1978; Sánchez-González y López-Mata, 2003; Velásquez-Villatoro, 2004; Encina-Domínguez et al., 2008)

A los descrito Valdez *et al.* (2003) menciona que en Nuevo León y en Coahuila los bosques de *Abies* y *Cupressus* normalmente se distribuyen a partir de los 2500 msnm, lo cual los convierte en las especies más importantes. Sin

embargo, en estos lugares existen a una altitud de 1100 msnm, por debajo de los límites inferiores, y muestran características ecológicas relictuales, aparentemente favorecidas por un menor tiempo de exposición, mayor protección y conservación de la humedad y por estar definitivamente alejadas de la influencia humana.

Altitud 2400 msnm. La condición El Rosal, presentó 7 especies arbóreas, para ser la segunda condición con la mayor diversidad, los cuales las tres primeras especies que más contribuyeron con índice de valor de importancia fueron *Cupressus arizonica* de 31.46%, cifra que la convierte en la especie más importante para este sitio, el siguiente valor le correspondió a la especie de *Abies vejarii* con 29.47% y *Pinus ayacahuite* con 14.41 % (Cuadro 5).

Cupressus arizonica, tuvo una abundancia absoluta de 152 N ha⁻¹ (36.19%) *Abies vejarii* con 144 N ha⁻¹ (34.29%) y *Pinus ayacahuite* con 44 N ha⁻¹ (10.48%), estas tres especies representan el 80.96% de la abundancia total.

Con respecto a la frecuencia se puede observar que *Cupressus arizonica*, *Abies vejarii* y *Pinus ayacahuite* presentan una frecuencia relativa del 21% en el sitio, además se encontraron valores de área basal de 49 m² ha⁻¹, de los cuales 37.12% representa *Cupressus arizonica*, 33.08% para *Abies vejarii* y 11.70% para *Pinus ayacahuite*.

Bautista (2013), en un bosque de *Ábies religiosa* encontró 15 especies en total. El mayor valor de importancia relativa para el bosque fue para *Abies*, seguido por *Salix paradoxa* Kunth y *Pinus patula*. Cuevas *et al.*, 2011 Un estudio realizado por en Jalisco. En el cerro El Potosí en Nuevo León con altitudes entre 2800 m y 3600 m. Aguirre-Calderón *et al.* (2003) mencionan de *Abies vejarii* una densidad de 360-420 ind./ha y 240 ind./ha para *Pseudotsuga menziesii*.

En bosques de la sierra de Arteaga Coahuila, se reporta una densidad de 2,164 - 4,150 ind./ha para *Abies vejarii* y 824 - 1,990 ind./ha de *Pseudotsuga menziesii*, con altura media de 0.83 m (Cornejo-Oviedo, 1987; Franco-Pizaña, 1990; Reyna-Olvera, 1998).

Cuadro 5. Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio "El Rosal" que se encuentra dentro del rango 2400 msnm.

Nombre científico	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		
	N/ha	Rel	m ² ha ⁻¹	Rel	Abs	Rel	IVI %
<i>Cupressus</i>							
<i>arizonica</i>	152	36.19	18.05	37.12	100.00	21.05	31.46
<i>Abies vejarii</i>	144	34.29	16.08	33.08	100.00	21.05	29.47
<i>Pinus ayacahuite</i>	44	10.48	5.69	11.70	100.00	21.05	14.41
<i>Pseudotsuga</i>							
<i>menziesii</i>	32	7.62	5.62	11.55	75.00	15.79	11.65
<i>Quercus affinis</i>	40	9.52	2.74	5.63	50.00	10.53	8.56
<i>Pinus</i>							
<i>pseudostrobus</i>	4	0.95	0.26	0.54	25.00	5.26	2.25
<i>Taxus globosa</i>	4	0.95	0.18	0.37	25.00	5.26	2.20
7	420	100	49	100.00	475	100	100

Altitud 2600 msnm. La condición La Tinaja presentó seis especies, esta condición se distribuye a la mayor altitud en la zona de estudio, en 2600 msnm, con presencia de heladas en la estación invernal (Cuadro 6). Estas comunidades tienen una serie de adaptaciones anatómicas que presentan las especies, para evitar el efecto de las heladas y también se preguntan si este factor ambiental limita la diversidad de árboles (Leigh *et al.*, 2004).

El IVI fue para *Quercus affinis* de 24.07%, cifra que la convierte en la especie más significativa, el siguiente valor le correspondió a la especie de *Picea martinezii* con 22.59% y *Abies vejarii* con 16.91 %. Con respecto a la abundancia *Quercus affinis*, tuvo una abundancia absoluta de 68 N ha⁻¹ (17.53%) *Picea martinezii* con 128 N ha⁻¹ (32.99%) y *Abies vejarii* con 64 N ha⁻¹ (16.49%), estas tres especies corresponden al 67.01% de la abundancia total.

Se puede observar como *Quercus affinis* y *Abies vejarii* presentan una frecuencia del 17%, mientras *Picea martinezii* representó solo un 13.634%. Además se encontraron valores de área basal de 24 m² ha⁻¹, de los cuales 36.49% representa *Quercus affinis*, 21.13% para *Picea martinezii* y 19.05% para *Abies vejarii*.

Cuadro 6. Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio "La Tinaja" que se encuentra dentro del rango 2600 msnm.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		
	N ha ⁻¹	Rel	m ² ha ⁻¹	Rel	Abs	Rel	IVI %
<i>Quercus affinis</i>	68	17.53	8.76	36.49	100.00	18.18	24.07
<i>Picea martinezii</i>	128	32.99	5.07	21.13	75.00	13.64	22.59
<i>Abies vejarii</i>	64	16.49	3.85	16.05	100.00	18.18	16.91
<i>Pinus ayacahuite</i>	44	11.34	3.20	13.34	100.00	18.18	14.29
<i>Taxus globosa</i>	48	12.37	2.08	8.68	100.00	18.18	13.08
<i>Pinus pseudostrobus</i>	36	9.28	1.03	4.30	75.00	13.64	9.07
6	388	100	24	100	550	100	100

Altitud 2600msnm. El sitio Las Antenas presentó seis especies, esta es la segunda condición que se distribuye a la mayor altitud en la zona de estudio, en 2600 msnm (Cuadro 7). De acuerdo al IVI de las especies *Quercus affinis* representó 24.74%, el siguiente valor le correspondió a la especie de *Pinus ayacahuite* con 20.19% y *Abies vejarii* con 18.39%.

Con respecto a la abundancia *Quercus affinis*, tuvo 192 N ha⁻¹ (28.74%), *Pinus ayacahuite* con 152 N ha⁻¹ (22.75%) y *Abies vejarii* con 160 N ha⁻¹ (23.95%), estas tres especies corresponden al 75.44% de la abundancia total.

En la variable de frecuencia se puede observar como *Quercus affinis*, *Pinus ayacahuite* y *Abies vejarii* presentan un valor del 17.39%. Además se encontraron valores de área basal de 21 m² ha⁻¹, de los cuales 28.10%

representa *Quercus affinis*, 22.60% para *Pinus ayacahuite* y 13.83% para *Abies vejarii*.

Cuadro 7. Abundancia, Dominancia, Frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI en %) para el sitio “Las Antenas” que se encuentra dentro del rango 2600 msnm.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	N ha ⁻¹	Rel	m ² ha ⁻¹	Rel	Abs	Rel	
<i>Quercus affinis</i>	192	28.74	6.01	28.10	100.00	17.39	24.74
<i>Pinus ayacahuite</i>	152	22.75	4.83	22.60	100.00	17.39	20.91
<i>Abies vejarii</i>	160	23.95	2.96	13.83	100.00	17.39	18.39
<i>Pinus teocote</i>	88	13.17	5.14	24.03	100.00	17.39	18.20
<i>Arbutus xalapensis</i>	64	9.58	2.36	11.05	100.00	17.39	12.68
<i>Quercus fulva</i>	12	1.80	0.08	0.39	75.00	13.04	5.08
6	668	100	21	100.00	575	100	100

Comparación entre dos los rangos altitudinales. Cabe destacar que el análisis del Cuadro 8, donde la identificación de especies que se mezclan en las diferentes comunidades de los rangos altitudinales y su grado de participación en cada una de ellas. Por ejemplo los géneros de *Abies*, *Pinus*, *Quercus*, *Picea* y *Pseudotsuga* presentan amplia distribución, en tanto *Pinus pseudostrobus* y *Taxus globosa* su distribución es restringida.

Llama la atención que de las cuatro comunidades en tres de ella se encontró *Taxus globosa* con un IVI de 8.7%, 2.2% y 13.08%, estos valores de importancia puede significar una asociación de esta especie en diferentes rangos altitudinales del bosque y en diferentes hábitats dentro de una región que les permite utilizar los recursos como la luz, agua y nutrientes en diferentes formas.

Aunado a esto Valdez *et al.* (2003) describe que los bosques de Nuevo León con altitudes de 2100 msnm hay una asociación entre las especies de *Picea martinezii*, *Cornus florida*, *Ilex rubra*, *Quercus greggii*, *Abies duranguensis var coahuilensis*, *Carya ovata* y *Taxus globosa*. En estos lugares las especies detectadas muestran mayor afinidad hacia los elementos y las condiciones templados.

Cuadro 8. Especies de árboles presentes y el índice de valor de importancia (IVI en %) en cada una de las cuatro comunidades.

Especie	IVI POR COMUNIDAD			
	Altitud 2400 msnm		Altitud 2600 msnm	
	El Bosque	El Rosal	La Tinaja	Las Antenas
<i>Abies vejarii</i>	29.42	29.47	16.91	18.39
<i>Cupressus arizonica</i>	0	31.46	0	0
<i>Quercus affinis</i>	18.53	8.56	24.07	24.74
<i>Quercus mexicana</i>	17.23	0	0	0
<i>Quercus polymorfa</i>	9.21	0	0	0
<i>Picea martinezii</i>	8.73	0	22.59	0
<i>Taxus globosa</i>	8.72	2.20	13.08	0
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1.90	11.65	0	0
<i>Zanthoxylum fagara</i>	1.64	0	0	0
<i>Pinus ayacahuite</i>	1.57	14.41	14.29	20.91
<i>Ulmus craassifolia</i>	1.55	0	0	0
<i>Arbutus xalapensis</i>	1.51	0	0	12.68
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0	2.25	9.07	0
<i>Pinus teocote</i>	0	0	0	18.20
<i>Quercus fulva</i>	0	0	0	5.08

II.7.1.2. Índices estructurales en la riqueza de especies

Diversidad de especies arbóreas a través de los de Índices de Margalef (D_{mg}), Menhinick (D_{Mn}), Shannon (H'), Simpson (D_{si}) y Equitatividad (E). Estos valores confirman que los índices aumentan conforme es mayor el número de especies presentes y también cuando las proporciones de las distintas especies son elevadas (Cuadro 9).

Se encontraron diferencias entre las comunidades forestales, para el valor máximo del índice de diversidad de Margalef, Menhinick y Shannon lo obtuvo la comunidad “El Bosque” con $D_{mg}=1.98$, $D_{Mn}=0.88$ y $H'=1.76$, mientras que para el índice de Simpson y de Equitatividad fue para la comunidad “La Tinaja” con $D_{si}=0.80$ y $E=0.94$. Se puede observar claramente que conforme aumenta la altitud la diversidad disminuye y la riqueza es equitativamente.

Cuadro 9. Valores de número de especies, Índices de Margalef (D_{mg}), Menhinick (D_{Mn}), Shannon (H'), Simpson (D_{si}) y Equitatividad (E).

Comunidad	Número de especies*	Índice de D_{mg}	Índice de D_{Mn}	Índice de H'	Índice de D_{si}	Índice de E
El Bosque ⁺	11	1.98	0.88	1.76	0.79	0.73
El Rosal ⁺	7	1.28	0.68	1.47	0.73	0.75
La Tinaja ⁺⁺	6	1.09	0.60	1.69	0.80	0.94
Las Antenas ⁺⁺	6	0.97	0.46	1.60	0.79	0.89

+ = Altitud 2400 msnm ++ = altitud 2600 msnm *ver Cuadros 4 al 7

Del Río et al. (2003), en una plantación con cuatro especies obtuvieron un $H' = 2.0$ y otra, con dos especies ($H' = 1.0$). Magurran (2004) menciona que cuando la distribución de la abundancia tiene el comportamiento de una normal logarítmica, se necesitan alrededor de 100 taxa para obtener un valor de $H' = 3.0$.

II.7.2. Comparación de gradiente altitudinal

Índice de Margalef. De acuerdo a los resultados obtenidos para las variables de estructura del bosque analizadas, el valor promedio que presentó el Índice de Margalef para cada ecosistema fue de 1.39 y 1.38, los resultados estadísticamente fueron iguales ($P=0.986$) como se aprecia en la Figura 3. Lo que significa que la media del índice fue igual. Similar a lo que reporta Baca, (2000) mediante una caracterización de la estructura vertical y horizontal de un bosques de pino-encino en el Parque Ecológico Chipinque, paraje "Las canoas", dentro de una superficie de 1.0 ha de muestreo no se encontró diferencias notorias con respecto a la medición total de la población.

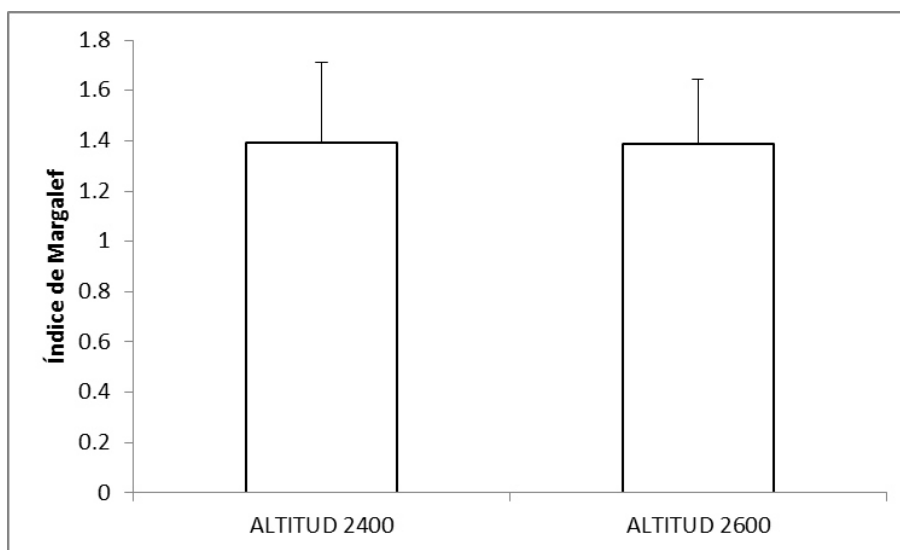


Figura 3. Comparación de medias en el Índice de Margalef.

En el Cuadro 10 se observa que el valor de p es mayor de 0.05, con un nivel de significancia de 5 % y, por lo tanto, se puede afirmar que no hay diferencias significativas entre comunidades o dentro de ellas.

Cuadro 10. ANOVA desglosado general para el variable Índice de Margalef en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p de prueba de F
Altitud	1	2.5E-05	2.5E-05	0.0002	0.9865
Dentro de las altitudes	14	1.1843	0.0845		
Total	15	1.1844			

Índice de Menhinick. El valor promedio del Índice de Menhinick fue de 1.05 y 1.06, los cuales resultaron ser estadísticamente igual ($P=0.917$), asumiendo que el valor del índice ambos ecosistemas son iguales (Figura 4). Con respecto a los valores de índice obtenidos por otros autores es alta, ya que Nívar-Cháidez y González-Elizondo, (2009) menciona que en un bosque de *Pinus-Quercus* en Durango, México se puede encontró el valor 0.82.

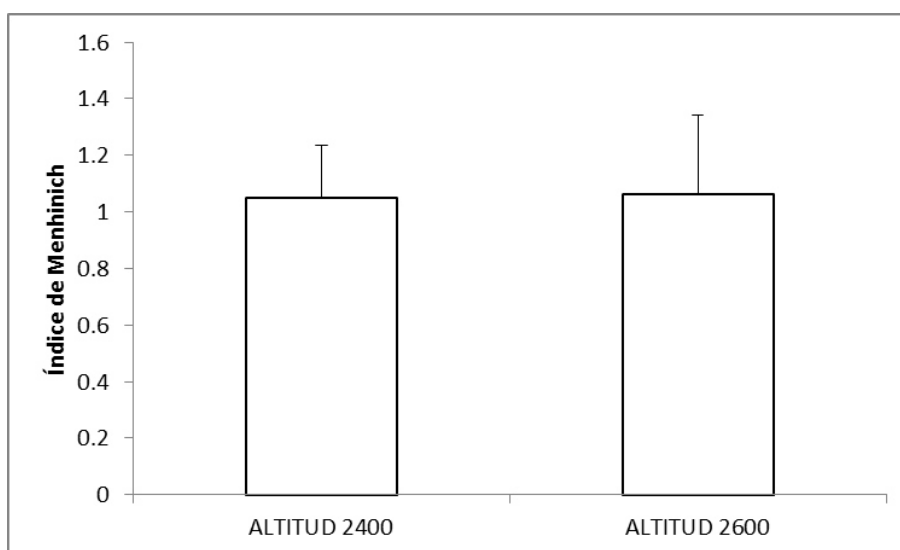


Figura 4. Comparación de medias en el Índice de Menhinick.

En el cuadro 11 se muestra el desglosado general del ANOVA para el Índice de Menhinick. Esta variable presenta un comportamiento similar al de la variable Índice de Margalef, es decir, el valor de p es mayor de 0.05, con un nivel de significancia de 5 % y, por lo tanto, se puede afirmar que no hay diferencias significativas entre comunidades o dentro de ellas.

Cuadro 11. ANOVA desglosado general para el variable Índice de Menhinick en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p de prueba de F
Altitud	1	0.0006	0.0006	0.01	0.9177
Dentro de las altitudes	14	0.7921	0.0565		
Total	15	0.7927			

Índice de Shannon. En cuanto al Índice de Shannon en los ecosistemas fueron de 1.36 y 1.47, los cuales resultaron estadísticamente que no existe diferencia significativa ($P=0.2495$), considerando que el índice de Shannon en ambos ecosistemas son iguales (Figura 5). García-Aranda *et al.*, (2011) realizó un estudio en la clasificación de nueve sitios de bosque mixto de coníferas con presencia de *Taxus globosa* en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León y Tamaulipas, México y específicamente en el paraje denominado Las Tinajas con altitud de 2,547 msnm en el municipio de general Zaragoza y encontró un $H'=1.82$

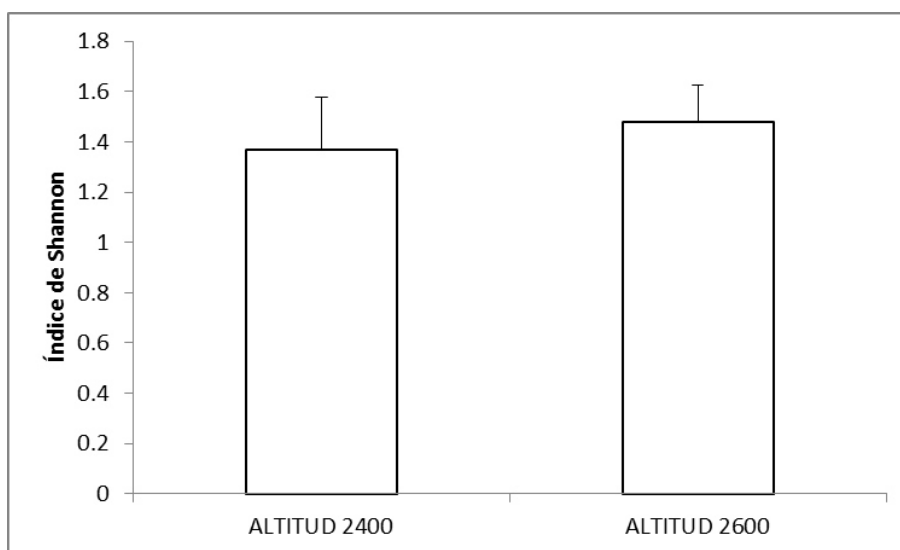


Figura 5. Comparación de medias en Índice de Shannon.

En el cuadro 12 se muestra los resultados del Índice de Shannon. Esta variable presenta un valor de p de mayor de 0.05, con un nivel de significancia de 5 % y, por lo tanto, se puede alegar que no hay diferencias significativas entre comunidades o dentro de ellas.

Cuadro 12. ANOVA desglosado general para el variable Índice de Shannon en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p de prueba de F
Altitud	1	0.0473	0.0473	1.451	0.2474
Dentro de las altitudes	14	0.4546	0.0324		
Total	15	0.5019			

Índice de Simpson. El valor promedio en el Índice de Simpson fueron de 0.68 y 0.73, lo cual arrojó que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P=0.1431$), es decir, los ecosistemas son iguales (Figura 6). Cuevas-Guzmán *et al.*, (2011) realizó un estudio de la riqueza, estructura y diversidad por parcela de 0.1 ha y por área, incluyendo los promedios por parcela, en los bosques de *Abies* de Jalisco, México y obtuvo resultados en riqueza de 1.38 hasta 10.81.

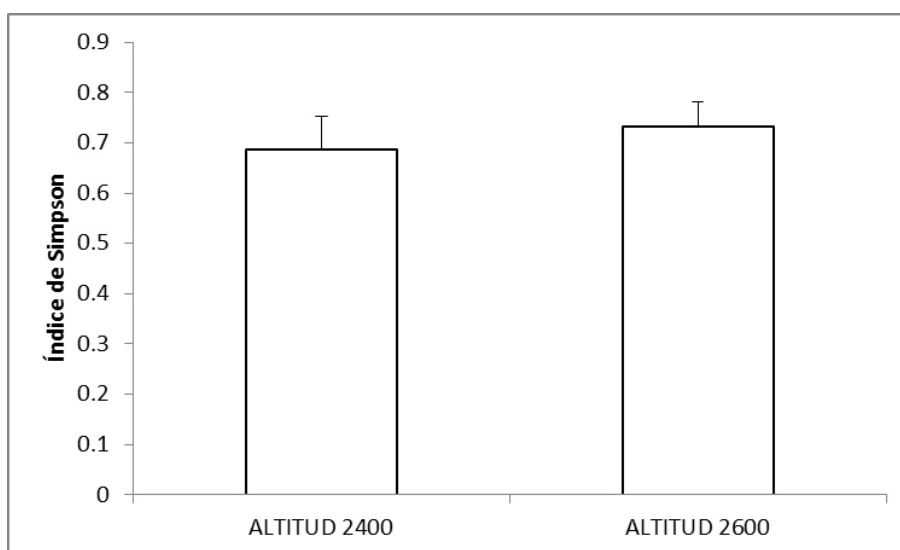


Figura 6. Comparación de medias en el Índice de Simpson.

En el cuadro 13 se muestra los resultados del Índice de Simpson. Esta variable presenta un valor de p mayor a 0.05, con un nivel de significancia de 5 % y, por lo tanto, se puede decir que no hay diferencias significativas entre comunidades o dentro de ellas con respecto a esta variable.

Cuadro 13. ANOVA desglosado general para el variable Índice de Simpson en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p de prueba de F
Altitud	1	0.0081	0.0081	2.40	0.1430
Dentro de los altitudes	14	0.0471	0.0033		
Total	15	0.0552			

Índice de Equitatividad. En el caso del valor promedio en Índice de Equitatividad fue de 0.79 y 0.85 m, lo cual indicó que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P=0.056$), es decir, todos los ecosistemas son iguales con respecto a esta variable (Figura 7).

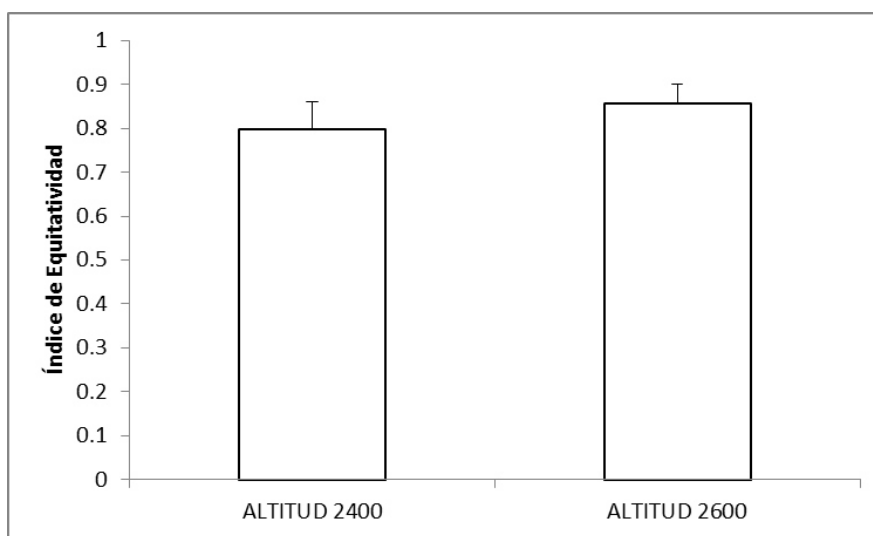


Figura 7. Comparación de medias en el Índice de Equitatividad.

En el Cuadro 14 se presenta el ANOVA para el índice de Equitatividad. Al tener un valor de p ligeramente superior a 0.05 pudiesen existir diferencias significativas entre o dentro de las comunidades.

Cuadro 14. ANOVA desglosado general para el variable Índice de Equitatividad en el rango de 2400 y en el rango de 2600 msnm.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p de prueba de F
Altitud	1	0.0138	0.0138	4.39	0.0547
Dentro de los altitudes	14	0.0439	0.0031		
Total	15	0.0577			

II.8. CONCLUSIONES

Se establecieron cuatro sitios de Muestreo en el ejido La Encantada” General Zaragoza NL entre las cuales no se detectaron diferencias significativas entre comunidades vegetales para los Índices de Margalef, Menhinick, Shannon y Simpson; Sin embargo el Índice de Equitatividad presentó un valor de p ligeramente superior a 0.05 pudiesen existir diferencias significativas entre o dentro de las comunidades.

El hecho de no encontrar diferencias significativas dentro de las comunidades para los índices puede explicarse por qué las especies en cuestión es la diversidad y porque solo 200 m en altitud separa una comunidad de otra. Además el área donde se establecieron los sitios no presenta cambios de uso del suelo debido a que se ubicación dentro de un ecosistema de coníferas con presencia de *Abies vejarii*, donde no existe aprovechamiento comercial.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE ESTRUCTURA EN ECOSISTEMAS DE *Abies vejarii* MARTÍNEZ, EN GENERAL ZARAGOZA, NUEVO LEÓN.

III.1. RESUMEN

Se realizó un análisis en la estructura de bosques de *Abies vejarii* Martínez, que se distribuyeron en dos rangos de altitud de 2400 y 2600 m en General Zaragoza, Nuevo León, México. La información se registró en cuatro sitios sólo para diámetros mayores de 7.5 cm. Se hizo un análisis mediante la distribución de diámetros y las alturas utilizando el índice (A) de Pretzsch para la distribución vertical de especies. Los resultados mostraron que el tamaño de los diámetros, mostró una concentración de individuos en categorías diamétricas menores a 40 cm (87 %) y la concentración en alturas fue de 10 a 25 m. La distribución del arbolado en los dos ambientes, presentó un patrón de distribución aleatorio y la dominancia de *Abies vejarii* disminuye conforme aumenta la altitud.

PALABRAS CLAVE: *Abies vejarii*, Estructura y Gradiente altitudinal.

III.2. ABSTRACT

Analysis was on the structure of forests *Abies Vejarii* Martinez, who were distributed in two ranges altitude of 2400 and 2600 m in General Zaragoza, Nuevo Leon, Mexico was made. The information was recorded at four sites only for diameters greater than 7.5 cm. An analysis was made by distributing diameters and heights using the (A) Pretzsch index for the vertical distribution of species. The results showed that the size of the diameters, showed a concentration of individuals in diameter categories less than 40 cm (87%) and concentration in heights was 10 to 25 m. The distribution of woodland in the two environments, showed a pattern of random distribution and dominance of *Abies Vejarii* decreases as altitude increases.

Key words: *Abies vejarii*, Altitudinal Gradient and Structure.

III.3. INTRODUCCIÓN

Los bosques naturales de *Abies vejarii* se distribuyen con poblaciones restringidas en la Sierra Madre Oriental y Occidental en el norte de México, perteneciendo a un bosque de coníferas con vegetación forestal más importante en la ecología para su conservación (Martínez-Méndez *et al* 2016). En el mundo se reportan unas 60 especies y 15 variedades de *Abies*, todas en el hemisferio norte; se pueden encontrar formando masa puras o asociadas con coníferas (Domínguez-Alvares, 1991). En México estos bosques cubren aproximadamente 32,000 hectáreas, siendo *Abies religiosa*, *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* las especies más representativas (Rzedowski, 1978). Para el estado de Nuevo León *Abies vejarii* tiene una asociación con comunidades vegetales integradas por *Pseudotsuga*, *Picea*, *Taxus*, entre otros (García-Aranda *et al.*, 2011; Valdez *et al.*, 2003).

Los elementos principales que determinan la composición, diversidad y estructura de las comunidades vegetales cambian dependiendo del tamaño de la área de estudio (Condit *et al.*, 2002). La dinámica de poblaciones de las especies en ecosistemas forestales podrían considerarse como un indicador de la sucesión de la vegetación, así como los cambios climáticos en el ecotono de los árboles (Camarero y Gutiérrez, 2004).

Las condiciones ambientales se encuentran a lo largo del gradiente de altitud de los bosques, y la distribución de una especie vegetal podría indicar la capacidad de adaptación de una especie al medio ambiente, es decir, algunos factores ambientales como, la sequía, anegamiento y la alta o baja temperatura con el paso del tiempo se convierten en factores limitantes que inhiben la expansión de la población (Block y Treter, 2001).

Estudios de diversidad y estructura a lo largo de un gradiente de altitud coadyuva en la comprensión de la influencia de los factores ambientales en el desarrollo de los bosques naturales de *Abies*. Algunos autores como, Homeier *et al.* 2010, Girardin *et al.* 2010, Blundo *et al.*, 2012 y Anderson-Teixeira *et al.*, 2013, mencionan que en ambientes con marcados gradientes altitudinales, la elevación suele ser un factor importante que condiciona de modo directo a variables ambientales como temperatura y precipitación e indirectamente a variables poblacionales como crecimiento y mortalidad. Los disturbios como los deslizamientos, ganado y fuego promueven la composición y diversidad los cuales varían según el nivel altitudinal (Cuyckens *et al.*, 2015). El conocimiento sobre la diversidad de especies y estructura del bosque constituye un elemento fundamental para el manejo sustentable de las masas forestales (Gadow, 2007; Jardel, 2011).

III.4. HIPÓTESIS

La estructura de los ecosistemas de *Abies vejarii* Martínez son diferente en dos rangos altitudinales, en el sureste del estado de Nuevo León.

III.5. OBJETIVOS

III.5.1. General

Analizar la estructura del bosque en ecosistemas de *Abies vejarii* en dos rangos altitudinales en el ejido “La encantada” municipio de General Zaragoza, Nuevo León.

III.5.2. Específicos

1. Determinar la estructura y vertical horizontal en los ecosistemas con presencia de *Abies vejarii*.

III.6. MATERIALES Y MÉTODOS

III.6.1. Análisis de la estructura vertical

Estructura vertical de los ecosistemas con presencia de Abies vejarii. El análisis de la distribución de alturas hace una comparación de altura media de las especies presentes en las cuatro comunidades. Esta distribución vertical de las especies se estimó mediante el índice A (Pretzsch, 2009). El índice A caracteriza la ubicación de las especies en diferentes estratos de altura para lo cual se definieron tres estratos, el estrato I comprende las alturas de un rango 80%-100% tomando como base de la altura del árbol más alto de cada comunidad; estrato II: 50%-80% y el estrato III: de 0 a 50%.

Este índice (A) se define de la siguiente manera:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} * \ln(p_{ij})$$

Donde

S = número de especies presentes.

Z = número de estratos de altura.

p_{ij} = porcentaje de especies en cada zona.

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$$

n_{ij} = Número de individuos de la especie i en el estrato j .

N = Número total de individuos

III.6.2. Análisis de la estructura horizontal

Con las variables dendrométricas recabadas en campo se realizó el análisis de la estructura dimensional para cada especie dentro de las dos rangos altitudinales y por unidad de superficie, los cuales fueron las categorías diamétricas, densidad (individuos por hectárea). Para cada una de las especies por condición fitosociológica, se registró la distribución diamétrica en categorías de 5 cm iniciando con la categoría de 5 cm.

Para encontrar una relación entre el diámetro y la altura de las comunidades estudiadas se definió mediante una interpretación gráfica o matemática utilizando el modelo de Korsun donde la altura está en función del diámetro $h = \exp(a_0 + a_1 \cdot \log(d) + a_2 \cdot \log(d^2))$. La distinción existente es que presenta un punto de inflexión, por lo que la curva tiene una utilidad hasta un determinado punto.

III.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.7.1. Estructura vertical de los ecosistemas

Estructura vertical. La información del Índice de Pretzsch en cada una de las cuatro comunidades vegetales se muestra en el Cuadro 1.7. Cabe destacar que la comunidad con un valor superior en el resultado del índice A (2.52) fue para la comunidad vegetal “El Bosque” que se ubica en el rango de altitud con 2400 msnm con un A_{\max} de 3.50 y un Arel de 72%. Lo que indica que la distribución de las especies en los estratos de altura se encuentra en 28% de la máxima diferenciación dimensional, lo cual se puede decir que el rodal es uniforme en cuanto a las alturas.

La comunidad con un valor bajo en el resultado del índice A (2.22) fue para la comunidad vegetal “El Bosque” que se ubica en el rango de altitud con 2600 msnm con un A_{\max} de 2.89 y un Arel de 85%. Lo que indica que la distribución de las especies en los estratos de altura se encuentra en 15% de la máxima diferenciación dimensional, lo cual se puede decir que el rodal es uniforme en cuanto a las alturas

Cuadro 15. Resultado del Índice de Pretzsch para comunidad vegetal.

Sitio	A	A_{\max}	A_{rel}
El Bosque*	2.52	3.50	72%
El Rosal*	2.43	3.04	79%
La Tinaja**	2.47	2.89	85%
Las Antenas**	2.22	2.89	76%

* = Altitud 2400msnm ** = altitud 2600msnm

III.7.2. Estructura horizontal de los ecosistemas.

Con respecto a los tamaños de los diámetros de los árboles, en la Figura 8 y 9 se muestra la distribución de individuos ha^{-1} por categorías para cada una de las comunidades bajo estudio.

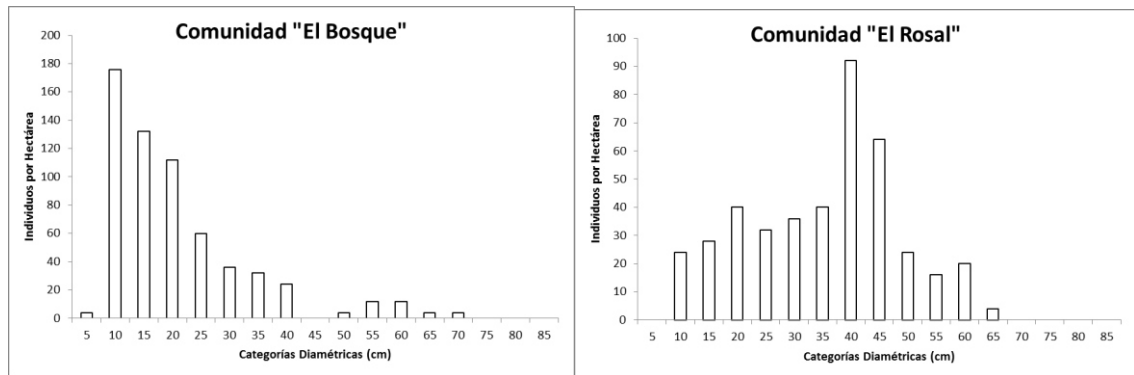


Figura 8. Distribución de árboles por ha^{-1} de las categorías diamétricas que presentan los árboles por comunidad en el rango de 2400 msnm.

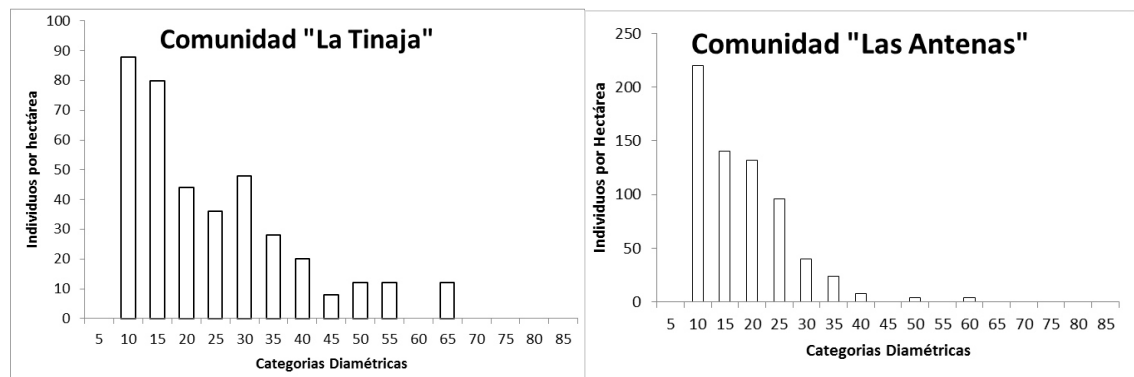


Figura 9. Distribución de árboles por ha^{-1} de las categorías diamétricas que presentan los árboles por comunidad en el rango de 2400 msnm.

En relación a la distribución de los árboles, Neumann y Starlinger (2001) mencionan que la distribución regular proporciona el máximo espacio y condiciones de crecimiento óptimas para cada individuo, mientras la distribución en grupos provoca pérdidas de incremento. Zenner y Hibbs, (2000) señalan que los patrones de distribución han sido vinculados a diferentes procesos (como la mortalidad de árboles, la competencia, regeneración, creación de huecos, semillación, entre otros) de ser los responsables de los patrones espaciales observados.

III.7.2.1. Categorías diamétricas

Rango 2400 msnm. Para el análisis de la estructura horizontal del bosque, se presentan los resultados de las tres especies con mayor índice de valor de importancia. Para la condición El Bosque, los individuos de *Abies vejarii* se distribuyen en forma irregular, teniendo mayor número de individuos en las categorías diamétricas de 15 y 20 cm. Los individuos de *Quercus mexicana* se distribuyen en forma irregular, teniendo mayor número de individuos en la categoría de 10 cm y menor cantidad de árboles en las categorías mayores de 25 cm. Para los individuos de la especie de *Quercus affinis*, los diámetros se distribuyen en forma irregular, teniendo mayor número de individuos en la categoría de 15 cm y en menor medida en la categoría mayor a 35 cm (Figura 10A).

Rango 2400 msnm. Para la comunidad El Rosal, los individuos de *Abies vejarii* se distribuyen en forma irregular, teniendo mayor número de individuos en las categorías diamétricas de 40 y 45 cm. Los individuos de *Pinus ayacahuite* se distribuyen en forma irregular, teniendo mayor número de individuos en la categoría de 40 cm y menor cantidad de árboles en las categorías menores de 30 cm. Para los individuos de la especie de *Cupressus arizonica*, los diámetros se distribuyen en forma irregular, teniendo mayor número de individuos en la categoría de 40 cm y en menor medida en la categoría de 50 cm (Figura 10B).

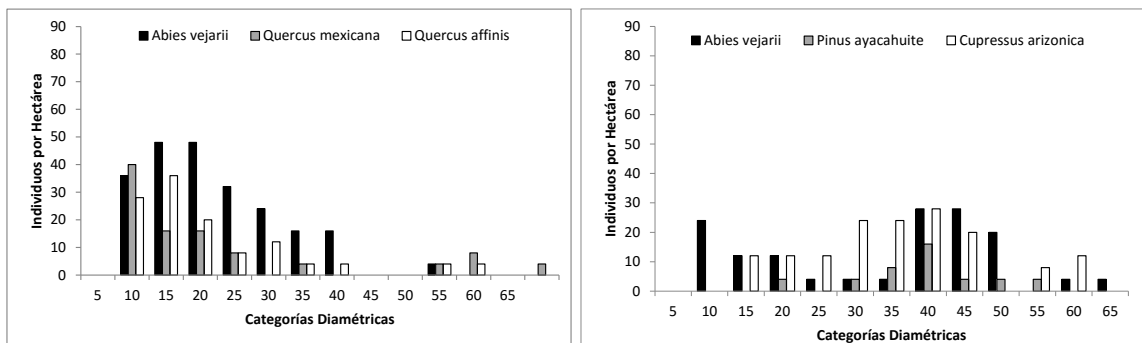


Figura 10. Distribución de individuos por categorías diamétricas por comunidad: A) El Bosque y B) El Rosal en el rango de 2400 msnm.

Rango 2600msnm. Para la comunidad La Tinaja y Las Antenas, los individuos de *Abies vejarii* se distribuyen en forma regular, teniendo mayor número de individuos en las categorías diamétricas de 10 a 50 cm. Los individuos de *Quercus affinis* se distribuyen en forma irregular, teniendo mayor número de individuos en la categoría de 20 cm y menor cantidad de árboles en las categorías mayores de 45 cm. Para los individuos de la especie de *Picea martinezii* y *Pinus ayacahuite*, los diámetros forma una J invertida de las distribuciones el cual se le conoce como masas irregulares. (Figura 11C y 11D).

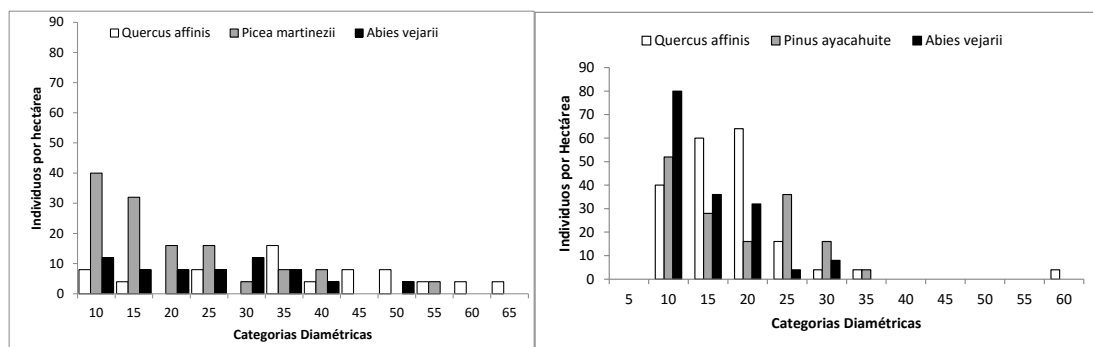


Figura 11. Distribución de individuos por categorías diamétricas por comunidad: C) La Tinaja y D) Las Antenas, en el rango de 2600 msnm.

III.7.2.2. Categorías de altura.

Rango 2400 msnm. La altura de los árboles en la comunidad El Bosque se distribuye en las categoría de 5 a 25 m; *Abies vejarii* se distribuye de 10 a 25 m y es la más abundante, *Quercus mexicana* y *affinis* se ubican en el rango de 5 a 20 m de altura (Figura 12A). Mientras que en la comunidad vegetal de El Rosal las alturas se distribuyen en pocas categorías, con un mayor número de árboles en la categoría de 10 a 30 m; *Cupressus arizonica* se distribuyó en las categorías de 10 a 30 m y es la más abundante, *Abies vejarii* se distribuye de 5 a 30 m ocupando el segundo de las especies de mayor abundancia y posteriormente *Pinus ayacahuite* que solo se ubicó en el rango de 20, 25 y 30 m de altura (Figura 12B).

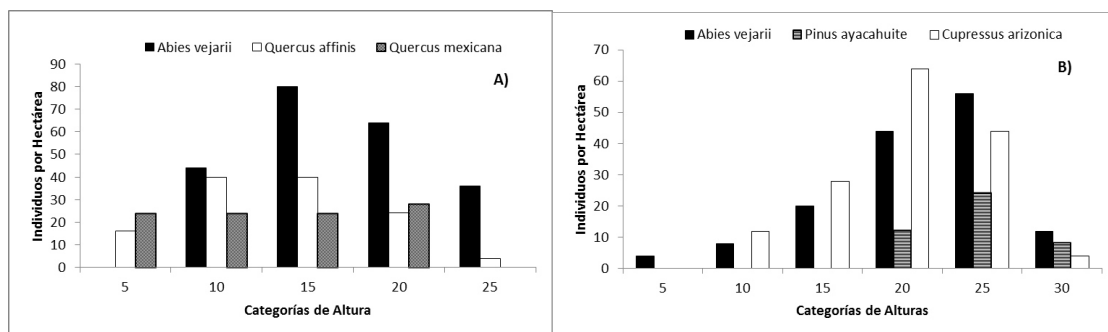


Figura 12. Distribución de individuos por categorías de alturas por comunidad: A) El Bosque y B) El Rosal, en los ecosistemas de altitud de 2400 msnm.

Rango 2600 msnm. En la masa forestal de La Tinaja los árboles se distribuyen en las categorías de 5 hasta 40 m; *Abies vejarii* se distribuye de 10 a 40 m, *Quercus affinis* se ubica en el rango de 10 a 30 m de altura, *Picea martinezii* se ubicó en el rango de 5 a 30 m y fue la especie más abundante (Figura 13C). Para la comunidad vegetal de Las antenas, las alturas se distribuyen en la categoría de 5 a 20 m; *Quercus affinis* fue la especie más abundante, donde los individuos se encuentran con un mayor número en la categoría de 10 m, *Pinus ayacahuite* se distribuye de 5 a 20 m ocupando el segundo de las especies de mayor presencia en el área y finalmente *Abies vejarii* solo se ubicó en el rango de 5, 10 y 15 m de altura (Figura 13D).

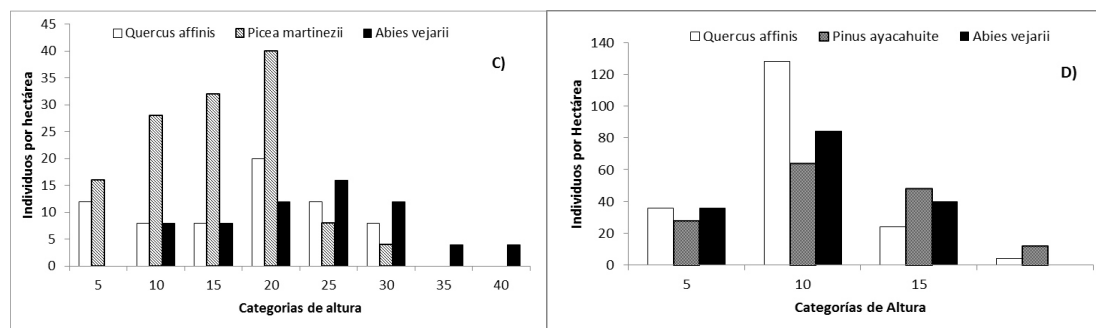


Figura 13. Distribución de individuos por categorías de alturas por comunidad: C) La Tinaja y D) Las Antenas, en los ecosistemas de altitud de 2600 msnm.

III.7.2.3. Dispersión de diámetro-altura.

Rango 2400 msnm. En la gráfica de dispersión de la comunidad El Bosque, se puede distinguir que existe una concentración en el número de árboles con diámetros de 10 a 40 cm de alturas hasta 25 m y en menor cantidad en diámetros de 50 a 80 cm; mientras para que la comunidad de El Rosal se puede observar una distribución homogénea en los diámetros de 10 – 70 cm con altura máxima de 30 m. Al relacionar estas variables mediante el modelo de Korsun diámetro normal y la altura total se encontró una correlación baja con $r^2=0.38$ y $r^2=0.40$ (Figura 14A y 14B).

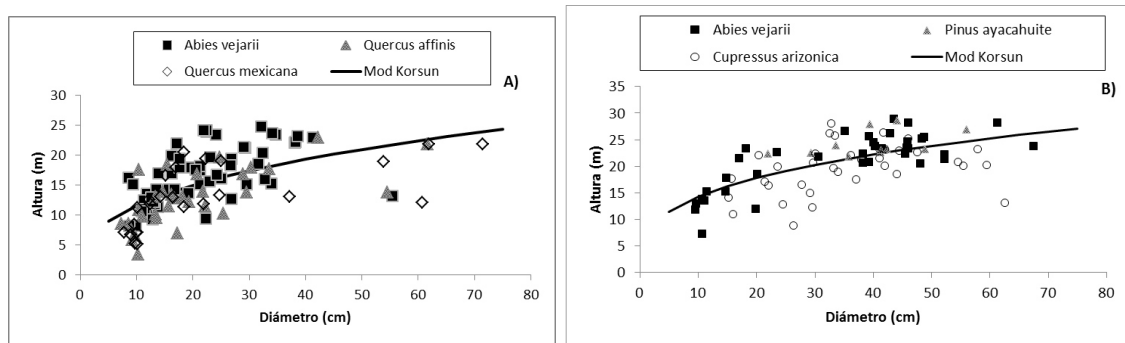


Figura 14. Distribución de individuos por diagrama de dispersión (altura - diámetro) por comunidad: A) El Bosque y B) El Rosal, en ecosistemas de altitud 2400 msnm.

Rango 2600 msnm. Para la comunidad La Tinaja En la gráfica de dispersión (Figura 15C), se puede distinguir que existe un amplio distribución en los diámetros que oscilan entre 10 – 65 cm con alturas máximas de 35 m. En la comunidad Las Antenas la concentración y dispersión de los árboles se puede observar en diámetros de 10 a 40 cm con alturas de a 25 m (Figura 15D). Al relacionar estas variables se encontró una correlación baja con $r^2=0.37$ y $r^2=0.07$.

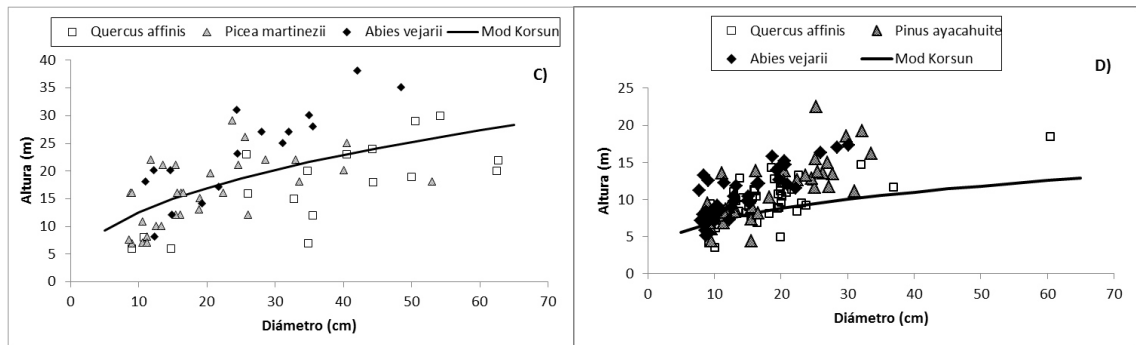


Figura 15. Distribución de individuos por diagrama de dispersión (altura - diámetro) por comunidad: C) La Tinaja y D) Las Antenas, en ecosistemas de altitud 2400 msnm.

En todos los sitios se incrementa el rango de alturas desde los 5 hasta 25 m y la distribución diamétrica se encuentra simétrica o ligeramente sesgada hacia la izquierda. Observaciones similares han sido señaladas por Hiura (2001) para bosques naturales japoneses y por Ishii *et al.* (2000, 2002, 2004) para bosques naturales de Oregon, USA.

III.8. CONCLUSIONES

Se establecieron cuatro sitios de Muestreo en el ejido La Encantada” General Zaragoza NL entre las cuales no se detectaron diferencias significativas entre comunidades vegetales para los Índices de Margalef, Menhinick, Shannon y Simpson.

De las cuatro comunidades tres mostraron una concentración de individuos en categorías diamétricas menores a 40 cm que forma una J invertida de las distribuciones el cual se le conoce como masas irregulares y la concentración en alturas fue de 10 a 25 m.

Abies vejarii tuvo mayor número de individuos en el rango de 2400msnm y, además fue la especie con mayor porcentaje del índice de valor de importancia, mientras que en el rango de 2600mnm disminuyó ligeramente en cuando a abundancia, frecuencia y dominancia, por lo tanto, se puede deducir que se adapta a una altitud de 2400 msnm.

LITERATURA CITADA

- Aguirre C., O. A., 2002. Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. *Ciencia Forestal en México*. 27 (92): 5-28.
- Aguirre, O., J. Jiménez, H. Kramer y A. Akça. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL* 6(2): 219-225.
- Anderson-Teixeira, K.J., A.D. Miller, J.E. Mohan, T.W. Hudiburg, B.D. Duval y E.H. De Lucia. 2013. Altered dynamics of forest recovery under a changing climate. *Global Change Biology* 19(7):2001–2021.
- Baca, V. J. M. 2000. Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias forestales. Universidad autónoma de nuevo león. Linares, Nuevo León. México.
- Bautista, S. C. 2013. Estructura del bosque y arquitectura de brinzales de *abies religiosa* en Tlaxco, Tlaxcala. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. México. 103 p.
- Block, J., Treter, U., 2001. The limiting factors at the upper and lower forest limits in the mountain-woodland steppe of Northwest Mongolia Joachim Block and Uwe Treter. In: Kaennel Dobbertin, M., Bräcker O.U. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Tree Rings and People*. Davos, 2001, pp. 22–26.

- Blundo, C., L.R. Malizia, J.G. Blake y A.D. Brown. 2012. Tree species distribution in Andean forests: influence of regional and local factors. *Journal of Tropical Ecology* 28(1):83–95.
- Brokaw, N. V. L. and R. A. Lent. 1999. Vertical structure. In: Hunter, M.L. (Ed). *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp: 373-399
- Camarero, J.J., Gutiérrez, E., 2004. Pace and pattern of recent treeline dynamics: response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees. *Clim. Change* 63, 181–200.
- Capo, A. M. 1972. Observaciones sobre la taxonomía y distribución de las coníferas de Nuevo León. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- CONAFOR. 2008. Catálogo de contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo del noreste de México. 44 p.
- Condit, R., N. Pitman, E.G. Leigh Jr, J. Chave, J. Terborgh, R.B. Foster, P. Núñez, S. Aguilar, R. Valencia, G. Villa, H.C. Muller-Landau, E. Losos y S.P. Hubbell. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295(1):666–669.
- Cornejo-Oviedo E. 1987. Aspectos ecológicos y dasonómicos del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, en la sierra la Marta, Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 196 pp.

- Corral-Rivas, J. J., B. Vargas-Larreta, C. Wehenkel, O. A. Aguirre-Calderón, J. G. Álvarez- González y A. Rojo-Alboreca. 2009. Guía para el Establecimiento de Sitios de Investigación Forestal y de Suelos en Bosques del Estado de Durango. 52 p.
- Cuevas, G., R., E. A. Cisneros-Lepe., E. J. Jardel-Peláez., E. V., Sánchez-Rodríguez., L. Guzmán-Hernández., N. M. Núñez-López., y C. Rodríguez-Guerrero. 2011. Análisis estructural y de diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1219-1233.
- Cuyckens, G.A.E., L.R. Malizia y C. Blundo. 2015. Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropicales de montaña (Serranías de Zapla, Jujuy, Argentina). Madera y Bosques 21(3):137-148.
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: índices de diversidad estructural en masa forestales. Invest. Agrar: Sist Recur For 12(1):159-176
- Domínguez-Alvares., F. A. 1991. Nueva Localidad para *Abies vejari* Martínez. Ciencia Forestal. 16(70): 3-22.
- Encina, D. J. A., F. J. Encina D., E. Mata E. y J. Valdes R. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 83: 13-24.
- Farjon, A. 1990. Pinaceae. Drawings and Descriptions of the genera: *Abies*, *Cedurs*, Koeltz Scientific Books, Germany.

Fonseca González A., A. Burgos Solorio, J. Fonseca González, H. M. De los Santos Posadas y J. Juárez Muñoz. 2013. Descortezadores y sus enemigos naturales en *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham. Rev. Mex. Cien. For. Vol. 5 Núm. 26

Franco-Pizaña J.G. 1990. Dinámica de la regeneración de *Pseudotsuga flahaulti* Flous, en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 158 pp.

Gadow, k. Von and G. Hui. 1999. Modelling Forest Development. Kluwer Academic Publishers, 213 pp.

Gadow, K., Sánchez O.S. & Álvarez G.J.G. 2007. Estructura y Crecimiento del Bosque. En línea:
http://www.iww.forst.unigoettingen.de/doc/kgadow/lit/kvgestructura_y_crecimiento_del_bosque.pdf

García-Aranda M A., A. E. Estrada-Castillón, C. M. Cantú-Ayala y M. Pando-Moreno. 2011. Clasificación de nueve sitios de bosque mixto de coníferas con presencia de *Taxus globosa* en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León y Tamaulipas, México. *Botanical Sciences* 90 (1): 53-62

Gernandt, D. S. y Pérez-de la Rosa, J. A. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S126-S133.

Girardin, C.A.J., Y. Malhi, L.E.O.C. Aragao, M. Mamani, W. Huaraca Huasco, L. Durand, K.J. Feeley, J. Rapp, J.E. Silva-Espejo, M. Silman, N. Salinas y R.J. Whittaker. 2010. Net primary productivity allocation and

cycling of carbon along a tropical forest elevational transect in the Peruvian Andes. *Global Change Biology* 16(12):3176–3192.

Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford University Press, New York, 483p.

Hiura, T., 2001. "Stochasticity of species assemblage of canopy trees and understory

Homeier, J., S.W. Breckle, S. Günter, R.T. Rollenbeck y C. Leuschner. 2010. Tree Diversity, Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical Gradients in a Species-Rich Ecuadorian Montane Rain Forest: Ecuadorian Montane Forest Diversity and Structure. *Biotropica* 42(2):140–148.

INEGI. 2015. Bosque de coníferas y encinos de México. Disponible en línea: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/vegetacion/bc.aspx?tema=T>

Ishii, H., Ford, E.D., and Dinnie, D.E., 2002. "The role of epicormic shoot production in maintaining foliage in old *Pseudotsuga menziesii* (Douglas- fir) trees II. Basal reiteration from older branch axes". *Can. J. Bot.*, 80: 916-926.

Ishii, H., Reynolds, J.H., Ford, E.D. & Shaw, D.C. 2000. "Height growth and vertical development of an old-growth *Pseudotsuga-Tsuga* forest in southwestern Washington State, USA". *Can. J. For. Res.*, 30:17-24.

Ishii, H.T., Tanabe S.I. & Hiura, T., 2004. "Exploring the relationships among canopy structure, stand productivity, and biodiversity of temperate forest ecosystems". *Forest Science*, 50: 342-355.

- Jardel, P.E.J. 2011. El manejo forestal en México: conceptos básicos, antecedentes, estado actual y perspectivas. En línea. http://eramx.org/Estudios_y_proyectos/Estudios/Edo_Bosques/Libro_2011/2_Jardel_Manejo_3.doc
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. and Saksa T. 1999. Stand structure as the basis of diversity index. *For. Ecol. Manage.* 115: 213-220.
- Lamprecht, H. 1986. *Waldbau in den Tropen*. Verlag Paul Parey, Hamburg.
- Leigh, E.G., JR., Davidar, P., Dick, C.W., Puyravaud, J.-P., Terborgh, J., Ter Steege, H. & Wright, S.J. 2004. Why do some tropical forests have so many species of trees? *Biotropica*, 36: 447-473.
- Madrigal, S. X. 1982. Clave para la identificación de coníferas silvestres del estado de Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México D. F. Boletín de divulgación. Vol. 58: 7-15.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Black-well. Malden, MA. 256 p.
- Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in natural phytoplankton. *Perspectives in marine Biology*. Univ. California Press
- Martinez, M. 1953. *Las pináceas mexicanas*. Segunda edición. Subsecretaria de Recursos Forestales y de Caza. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México.
- Menhinick, E.F. 1964. A Comparison of some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects. *Ecology*, 45 (4): 859-861.

- Montgomery, C. D. 2011. Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda Edición. Limusa Wiley. México. 686 p.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFOP. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Mueller–Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley, Nueva York. 547 p
- Návar-Cháidez J. de J. y S. González-Elizondo. 2009. Diversidad, Estructura y Productividad de Bosques Templados de Durango, México. Polibotánica. Núm. 27: 71-87
- Neuman, M., and F. Starlinger. 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forest. For. Ecol. Manage. 145: 91-106.
- Martínez-Méndez N., E. Aguirre-Planter, L. E. Eguiarte y J. P. Jaramillo-Correa. 2016. Modelado de Nicho Ecológico de las Especies del Género *Abies* (*Pinaceae*) en México: Algunas Implicaciones Taxonómicas y para la Conservación. Botanical Sciences 94 (1): 5-24.
- Penttinen, A., D. Stoyan, and H.M. Henttonen. 1992. Marked point processes in forest plants in temperate secondary forest created by major disturbances". *Ecological Research*, 16: 887-893
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. Interciencia, vol. 31, núm. 8, pp. 583-590.

- Pretzsch, H. (2009). Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model. Springer-Verlag Berlín Heidelberg, Alemania. 664 p.
- Pretzsch, H. 1997. Analysis and modeling of spatial stand structures. Methodological *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothosuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix*, and *Picea*. considerations based on mixed beech-larch stands in Lower Saxony. For. Ecol. Manage. 97: 237-253.
- Reyna-Olvera E. 1998. Evaluación de la regeneración natural de coníferas en el área incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 101 pp.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Rzedowski, J. y R. McVaugh, 1966. "Vegetación de Nueva Galicia". Contr. Univ. Mich. Herb., 1: 1-123.
- Sánchez–González, A. y L. López–Mata. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 74:47–71
- Shannon, C.E, Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. Nature, 163: 688.
- Spies, T.A. 1998. Forest structure: a key to the ecosystem. Northwest Sci.72(2):34-39 statistics. For. Sci. 38(4): 806-823.

- Treviño Garza, E. J., C. Cavazos y O. Aguirre 2001: Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León”, Madera y Bosques, Instituto de ecología, Jalapa Vol. 7 núm. 1 p 13-25.
- Valdez T. V., R. Foroughbakhch P., G. Alanís F. 2003. Distribución Relictual Del Bosque Mesófilo De Montaña En El Noreste De México. Ciencia UANL / Vol. VI, No. 3.
- Velásquez–Villatoro, M. 2004. La sucesión ecológica una opción para recuperar áreas de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Guatemala. Memorias del Simposio Internacional sobre Restauración Ecológica. Grupo Cubano de Restauración Ecológica, Empresa Nacional para la Protección del la Flora y la Fauna, Jardín Botánico de Villa Clara, del 17–21 de noviembre de 2004. Cuba.
- Zar, J. H. 2010. Biostatistical analysis, quinta edición. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 944 pp.
- Zenner, E. K., and D.E. Hibbs. 2000. A new method for modeling the heterogeneity of forest structure. For. Ecol. Manage. 129: 75-87.